



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Investigación y Posgrados

Decanato de Ingeniería y Negocios

ANÁLISIS CUÁNTICO DE LA ADHERENCIA DE LA PARED CELULAR BACTERIANA A LOS COMPUESTOS DE UN FILTRO DE ALTA EFICIENCIA

Tesis que para obtener el Grado de

Maestra en Ingeniería Biomédica

Presenta:

ING. ILIANA HERRERA CANTÚ

Director de tesis:

Dr. Juan Manuel López Oglesby

Comité asesor:

Dr. Manuel González Pérez

M. en C. Diana Ibarra Medel

Puebla, México

02 de abril del 2018



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

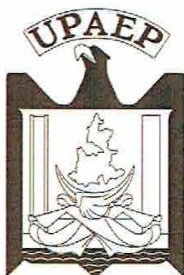
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Investigación y Posgrados

Maestría en Ingeniería Biomédica

Se aprueba la Tesis:

ANÁLISIS CUÁNTICO DE LA ADHERENCIA DE LA PARED
CELULARBACTERIANA A LOS COMPUESTOS DE UN
FILTRO DE ALTA EFICIENCIA

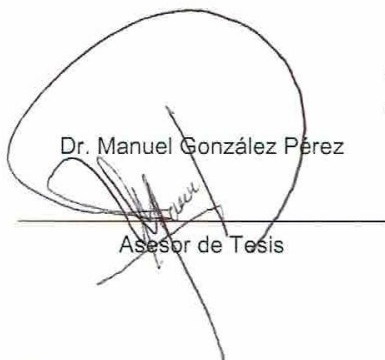
Comité Asesor

Dr. Juan Manuel López Oglesby



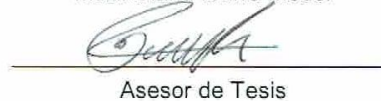
Director de Tesis

Dr. Manuel González Pérez



Asesor de Tesis

Mtra. Diana Ibarra Medel



Asesor de Tesis

Puebla, México

02 de abril de 2018

DEDICATORIA

Quiero agradecer, primeramente, a Dios por bendecirme y ayudarme a la realización de éste trabajo, por darme salud y sabiduría para afrontar las adversidades presentadas en el camino.

Quiero dedicar éste trabajo a mi familia, quiero agradecer enormemente, por su paciencia y apoyo incondicional para la realización de éste trabajo.

Quiero agradecer a todos aquellas personas que creyeron en mí y brindaron sus buenas palabras para continuar con el proyecto.

También agradezco a mis maestros, que también son mis directores y asesores, por sus conocimientos, aportaciones, comentarios y apoyo a la realización de éste proyecto.

Sobre todo, quiero agradecer a mis amigos Karina, Erick y Emmanuel, además de ser amigos y compañeros de maestría, aportaron mucho para la realización de las pruebas de laboratorio y quiero agradecerles su incondicional apoyo moral, su tiempo y su amistad.

RESUMEN

El presente trabajo muestra un estudio realizado por química cuántica del comportamiento de la adherencia de la pared celular bacteriana a los diversos materiales que componen un filtro de alta eficiencia.

Se habla de la importancia del uso de filtros de alta eficiencia en equipos de ventilación en unidades hospitalarias y su función de mejora del ambiente. El enfoque de éste trabajo está dirigido a toda unidad hospitalaria, ya que son lugares donde se localizan la mayor cantidad de agentes microbianos que generan infecciones nosocomiales y cómo es importante la conciencia del uso de filtros de alta eficiencia para contra restar la proliferación de éstos agentes.

Se realizaron simulaciones de química cuántica por medio del software HYPERCHEM y se realizaron pruebas en laboratorio para comprobar lo realizado en el simulador; se contaminó un filtro de látex diseñado en el laboratorio de Biomédica de la universidad UPAEP y se realizaron cultivos observando presencia de colonias microbianas en el látex.

Se comprueba por medio de software que los materiales de silicio y de fibra sintética son los que mejor actúan en la adherencia de la pared celular bacteriana, en comparación con otros materiales. Se deduce que entre mayor cantidad de material de silicio o fibra sintética con la que se diseñe un filtro será mejor el proceso de adherencia de la pared celular bacteriana, quedándose en el filtro y mejorando el ambiente de una unidad hospitalaria y mejora el ambiente en el que se encuentra un paciente. Cabe mencionar la importancia del uso de los filtros en equipos de ventilación para la reducción de agentes bacterianos en el ambiente y reducir la proliferación en el paciente.

ABREVIATURAS

IN = Infección Nosocomial

BGP = Bacteria Gram Positiva

BGN = Bacteria Gram Negativa

HEPA = High Efficiency Particulate Arresting (Arresto de partículas de alta eficiencia)

HOMO = Highest Occupied Molecular Orbital (Orbital molecular más alto que se encuentra ocupado)

LUMO = Lowest Unoccupied Molecular Orbital (Orbital molecular más bajo que se encuentra desocupado)

ETC = Transferencia de coeficiente de electrones

AMA = Poliacrilonitrilo-metilacrilato

AMM = Poliacrilonitrilo-metilmetacrilato

PCB = Pared celular bacteriana

PGM = Peptidoglicano

LPSE = Lipopolisacárido

AT = Ácido teicoico

NAG = N-acetilglucosamina

NAM = N-acetilmurámico

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABREVIATURAS	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	
1.1 Objetivos	
1.1.1 Objetivo General	8
1.1.2 Objetivo Particular	8
1.2 Hipótesis	8
1.3 Justificación.....	9
1.4 Antecedentes	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	
2.1 Microbiología sanitaria	17
2.1.1 Bacterias.....	18
2.1.2 Tipos de bacterias.....	18
2.1.3 Agentes bacterianos	23
2.1.4 Métodos, técnicas y pruebas	24
2.1.5 Normas para las pruebas microbiológicas y filtros HEPA.....	27
2.2 Infecciones nosocomiales.....	28
2.2.1 Infecciones nosocomiales frecuentes en una unidad hospitalaria	30
2.2.2 Infecciones nosocomiales en el mundo.....	31
2.2.3 Transmisión y prevención de las infecciones nosocomiales	33
2.3 Contaminación hospitalaria y purificación del aire	36
2.3.1 Partículas en suspensión.....	36
2.3.2 Tipos y clasificación de cuartos limpios	38
2.3.3 Purificación del aire	40
2.3.3.1 Compuestos de las capas de los filtros	43
2.4 Química cuántica	46
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	
3.1 Metodología cuántica	49
3.2 Metodología experimental	59
CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSION	62
CAPÍTULO 5: TRABAJO A FUTURO	69
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXO.....	78

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Clínico es un especialista que tiene la capacidad de gerenciar sistemas de mantenimientos (preventivo y correctivo), está preparado para coordinar inversiones tecnológicas biomédicas, garantiza el cumplimiento de las normas de seguridad en equipos e instalaciones, investiga accidentes y daños relativos a la instrumentación biomédica, debe hacer cumplir los procedimientos metrológicos de verificación para instrumentación biomédica, también coordina, administra, programa y dirige contratos de mantenimiento de la tecnología biomédica instalada; y todo ello dentro del ámbito hospitalario con relaciones costo/beneficio óptimas.

Además de las funciones ya mencionadas, el Ingeniero Clínico también desempeña la importante función de establecer un ambiente seguro dentro de una unidad hospitalaria. Para esto debe estar consciente de los posibles peligros y debe ser capaz de formular programas de seguridad con el objetivo de minimizar estos riesgos a un nivel aceptable.

El presente trabajo abordará una de las problemáticas de salud que existen actualmente en el país: las infecciones intrahospitalarias; en bacteriología se conoce que las bacterias Gram negativas (**BGN**) son las bacterias que se colonizan con más frecuencia en las unidades hospitalarias, siendo agentes bacterianos de la familia Gram negativa los que generan mayor número de infecciones nosocomiales en áreas críticas. Se han establecido filtros de aire de alta eficacia en los sistemas de ventilaciones de las áreas críticas de las unidades hospitalarias con el propósito de mejorar el ambiente mediante la captura de éstos agentes bacterianos y la destrucción de la pared celular bacteriana. En el trabajo se analizará la capacidad de adherencia de los principales compuestos de las mallas que forman los filtros de alta eficiencia.

Las propiedades de los filtros de alta eficiencia varían de acuerdo a las necesidades de filtración y adherencia de cada espacio y al tipo de partículas a capturar. Los equipos de purificación de aire más sofisticados utilizan hasta 7 etapas de filtración para garantizar el ambiente limpio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Proponer un modelo para dilucidar la interacción de las moléculas que componen la pared celular bacteriana y los compuestos que conforman las capas de material de un filtro de alta eficiencia por medio de simulación molecular y química cuántica.

1.1.2 Objetivo Particular

1. Diseño de la molécula de la pared celular bacteriana usando el software HYPERCHEM.
2. Diseño de las moléculas de los compuestos que forman las capas de un filtro HEPA en software HYPERCHEM.
3. Estudio mediante química cuántica en base a la teoría de la transferencia de carga (**ETC**) y bandas prohibidas (**BG**).
4. Análisis del resultado en base a la teoría de la transferencia de carga (ETC).
5. Realizar una prueba experimental empleando técnicas de cultivo microbiológico para comparar con los resultados de simulación cuántica de la teoría de la transferencia de carga (ETC) y bandas prohibidas (BG).

1.2 Hipótesis

El látex, como un tipo de celulosa, permitirá la adherencia de la pared celular bacteriana por transferencia electrónica, esto es, al momento de intercambiar electrones la pared celular bacteriana perderá su estructura molecular reaccionando en forma de adherencia hacia el látex. De la misma manera, por transferencia electrónica de la pared celular bacteriana, se adherirá (pegará) con otros compuestos que forman las mallas de un filtro de alta eficiencia (fibra de vidrio y fibra sintética).

1.3 Justificación

En las unidades de salud podemos encontrar un ambiente contaminado por la cantidad de pacientes y sus diversas enfermedades. Dentro de este ambiente contaminado se tiene la problemática de la generación de infecciones adquiridas, llamadas intrahospitalarias o nosocomiales (**IN**) que agravan la calidad de salud del paciente, generando costos extras en la estancia y tratamiento.

Las IN constituyen actualmente un importante problema de salud a nivel mundial, no solo para los pacientes sino también para sus familias; afectan a todas las instituciones hospitalarias y resultan una de las principales causas de morbilidad, mortalidad y altos costos a la salud. Más de 1,4 millones de personas en el mundo contraen infecciones en el hospital. Entre el 5% y el 10% de los pacientes que ingresan a hospitales modernos del mundo desarrollado contraerán una o más infecciones ^[1].

En México se ha estimado que la frecuencia de infecciones en unidades hospitalarias (**UH**) varía desde 2.1 hasta 15.8%, siendo las más comunes NEUMONÍA, INFECCION URINARIA, INFECCION QUIRURGICA Y POR BACTERIEMIA, calculando anualmente 450 mil casos de infecciones nosocomiales causando de 32 defunciones por cada 100 mil habitantes^[2].

1.4 Antecedentes

Según el Colegio Americano de Alergias, Asma e Inmunología (ACAAI), en Estados Unidos el 50% de todas las enfermedades son agravadas o causadas por aire contaminado en espacios interiores y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) declara que la calidad del aire en espacios cerrados es 2 a 10 veces más peligrosa que el aire del exterior ^[3,4].

De acuerdo con un artículo publicado en España en 1997 menciona que se realizó un estudio epidemiológico comparando las casas de pacientes asmáticos con las de pacientes controles. El propósito del estudio fue evaluar la efectividad de un purificador de aire con filtro HEPA (Purificador de aire Philips) en el tratamiento de pacientes asmáticos alérgicos al ácaro del polvo doméstico. Para la determinación de los antígenos de ácaros en el domicilio fueron recogidos por los filtros HEPA de cada uno de los purificadores, según la siguiente metodología: el pesado de los filtros y la determinación de los gramos de polvo captados (utilizando como referencia el peso de un filtro nuevo (g polvo)) y la concentración de los alérgenos se determinó por procedimientos estándar del laboratorio. Como resultado del estudio se comprobó que es evidente que la concentración media de antígenos de ácaros en

el polvo disminuye, contribuyendo a una tendencia a la mejoría clínica en pacientes diagnosticados y tratados de asma bronquial y los resultados de éste estudio no son tan diferentes de otros estudios realizados con un mayor número de población y variables ^[5].

Año de registro	2014	Sexo	Total	Grupo de edad	Total	Actualizar consulta
Entidad federativa : Estados Unidos Mexicanos						
Causas				Defunciones		
Total				633,641 ^b		
Enfermedades del corazón ^c				121,427		
Enfermedades isquémicas del corazón				82,334		
Diabetes mellitus				94,029		
Tumores malignos				77,091		
Accidentes				35,815		
De tráfico de vehículos de motor				15,882		
Enfermedades del hígado				34,444		
Enfermedad alcohólica del hígado				11,411		
Enfermedades cerebrovasculares				33,166		
Influenza y neumonía				20,550		
Agresiones				20,010		
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas				19,715		
Ciertas afecciones originadas en el período perinatal ^d				13,089		
Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios originados en el período perinatal				5,800		
Insuficiencia renal				12,788		
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas				9,569		
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales				7,300		
Lesiones autoinfligidas intencionalmente				6,337		
Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma				5,060		
Enfermedad por virus de la inmunodeficiencia humana				4,811		
Septicemia				3,805		
Anemias				3,640		
Enfermedades infecciosas intestinales				3,449		
Síndrome de dependencia del alcohol				3,361		
Subtotal				529,456		
Paro cardíaco				0		
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte				10,583		
Las demás causas				93,602		

Figura 1: consulta de Morbilidad hospitalaria INEGI ^[6]

Morbilidad hospitalaria

Tasa de morbilidad de los principales casos nuevos de enfermedades, 2000 a 2013

Causa de casos nuevos de enfermedades	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Infecciones respiratorias agudas	29427	27980	28874	25948	24581	25013	22112	23287	22609	29025	26169	23672	22846	22231	22956
Infecciones intestinales por otros organismos	5203	5283	5250	4684	4535	4476	4386	4363	4407	4384	4542	4837	4598	4501	4127
Infección de vías urinarias	2967	3240	327	3154	3228	2988	2861	2916	3041	3329	3387	3636	3429	3481	3545
Úlceras, gastritis, duodenitis	1284	1393	1413	1281	1365	1346	1708	1746	1767	1780	1763	1797	1736	1319	1251
Gingivitis y enfermedad periodontal	NA	NA	NA	276	350	422	471	458	481	509	546	602	596	611	934
Vulvovaginitis aguda	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	580
Hipertensión arterial	401	407	418	478	529	487	686	492	698	720	692	671	642	591	557
Otitis media aguda	614	643	693	695	675	709	659	631	624	608	603	599	552	549	534
Diabetes mellitus	287	291	308	365	384	373	366	382	371	396	387	391	358	413	391
Conjuntivitis	NA	NA	NA	NA	NA	250	302	331	352	351	461	406	364	363	381
Obesidad	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	297
Asma	261	275	274	289	289	272	257	281	280	296	305	290	280	254	254
Intoxicación	208	221	231	233	218	233	262	256	254	267	258	271	268	269	251
Candidiasis urogenital	302	325	354	346	330	334	322	297	277	269	270	268	252	295	250
Amebiasis intestinal	1353	1238	1124	NA	NA	716	615	543	498	513	429	384	319	284	249

Figura 2: Tasa de morbilidad de los principales casos nuevos de enfermedades, 2000 a 2013 ^[7]

Según datos realizados por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se consultó el anuario de morbilidad general del 2016 de la página del gobierno mexicano Dirección General de Epidemiología, eligiendo las 20 causas principales de muerte por mes a nivel nacional, encontrando la neumonía como padecimiento número 18 con un total de 166759 defunciones, las infecciones respiratorias agudas con 23,445,772 [8].

Número	Padecimiento	Código de la lista detallada CIE10a. Revisión	Mes de notificación												Total
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	Infecciones respiratorias agudas	J00-J06, J20, J21 excepto J02.0 y J03.0	2 267 570	2 946 835	2 710 763	1 697 458	1 522 147	1 320 688	1 297 549	1 500 406	1 721 663	1 812 126	2 329 311	1 819 206	23 445 772
2	Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	A04, A06-A09 excepto A08.0	282 743	293 919	366 990	419 212	443 966	516 973	390 097	459 737	349 471	339 176	348 399	235 358	4 476 041
3	Infección de vías urinarias	N50, N54, N59.0	289 600	298 010	368 906	344 423	338 557	445 714	336 625	412 138	325 788	336 009	368 804	242 392	4 106 966
4	Úlceras, gastritis y duodenitis	K25-K29	102 862	101 511	121 832	114 480	109 920	144 195	107 122	131 533	101 526	104 735	117 676	80 170	1 337 562
5	Gingivitis y enfermedades periodontales	K05	86 439	89 170	102 645	95 662	90 583	115 249	87 577	106 391	81 611	87 003	99 794	63 999	1 106 123
6	Coqueuvitis	I10	63 145	73 435	91 591	86 694	82 684	97 160	69 825	83 429	65 054	66 400	74 897	54 792	909 106
7	Otros media aguda	I65.0-I65.1	48 154	52 913	57 874	43 370	42 283	51 213	41 019	52 861	45 761	45 860	53 856	36 858	574 022
8	Obesidad	E66	37 858	43 249	50 266	50 176	45 015	59 154	43 820	56 934	41 224	45 291	48 636	30 889	552 512
9	Vulvovaginitis aguda	N76.0	35 903	35 338	42 236	39 983	38 463	52 250	39 898	49 173	38 668	41 615	47 118	29 651	490 206
10	Hipertensión arterial	I10-I15	35 266	36 990	42 614	36 827	33 153	40 976	31 432	41 506	34 425	35 476	41 452	27 322	437 439
11	Diabetes mellitus no insulino dependiente (Tipo II)	E11-E14	27 490	31 114	35 427	32 398	30 133	37 476	27 592	35 396	28 029	28 924	33 074	21 016	368 069
12	Inoxicación por psedra de alucin	T63.2, X22	13 109	15 020	21 038	25 742	31 140	33 745	22 363	29 238	23 884	26 049	26 481	15 944	283 753
13	Síndrome febril	R50	19 975	23 306	22 283	14 918	14 780	21 157	18 607	29 858	28 208	31 426	30 027	11 715	266 260
14	Atma y estado amílico	J45, J46	23 264	24 802	23 831	20 007	17 048	19 574	14 622	20 655	23 628	22 782	28 376	20 942	239 511
15	Anebasia intestinal	A06.0-A06.3, A06.9	15 806	16 269	19 446	20 070	20 369	25 882	19 450	22 895	17 170	16 375	16 578	9 895	220 205
16	Insuficiencia venosa periférica	I87.2	11 371	11 570	15 166	16 055	16 731	21 280	15 847	19 541	14 565	15 321	15 475	10 485	183 807
17	Candidiasis orogental	B07.2-B07.4	13 687	14 372	16 673	15 258	14 158	18 429	14 171	18 384	14 463	15 024	16 135	9 229	179 885
18	Neumonías y bronconeumonías	J12-J18 excepto J18.2, J13 y J14	16 615	23 434	23 277	11 976	9 830	11 359	8 254	9 927	10 201	11 282	16 362	14 242	166 759
19	Otras helmintiasis	B65-B67, B70-B76, B78, B79, B81-B83	12 907	12 902	14 934	15 147	13 953	17 789	13 111	16 961	11 774	12 286	13 091	7 871	162 726
20	Varicela	B01	13 125	16 239	21 515	16 893	16 215	17 651	9 694	8 929	7 581	8 443	12 050	9 127	157 862
Total 20 principales causas			3 429 889	4 160 398	4 169 307	3 116 749	2 931 128	3 589 914	2 608 677	3 105 892	2 984 694	3 102 603	3 737 592	2 751 103	39 684 346
Otras causas			149 898	181 034	207 217	166 090	164 325	208 588	160 381	204 753	165 640	169 074	184 585	125 564	2 089 149
Total a. GLOBAL			3 579 787	4 341 432	4 376 524	3 284 839	3 095 453	3 798 502	2 769 058	3 310 645	3 150 334	3 271 677	3 922 177	2 876 667	41 773 495

FUENTE: INEGI/Secretaría de Salud/Estados Unidos Mexicanos 2016

Figura 3: Causas principales de muerte por mes en Puebla [8]

Se encontraron dos publicaciones realizadas en la ciudad de México que mencionan la tecnología de los purificadores IQAIR en el país: la primera es un “contrato” emitido en Marzo el 2004 por la Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de Hidalgo (HOSPITAL DE IXMIQUILPAN) en el que se propone que para su sistema de purificación de aire se implemente el equipo de IQAIR modelo **HEALTHPRO PLUS** ^[9].

 SECRETARÍA DE SALUD GOBIERNO DEL ESTADO		DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS SUBDIRECCIÓN DE RECURSOS MATERIALES Y SERVICIOS GENERALES	
PARTIDA PRESUPUESTAL: 531001	SECTOR: 012	SUBSECTOR:	CLAVE:
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PROVEEDOR: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO, S.A. DE C.V.		MEDIO DE TRANSPORTE: TERRESTRE	
DOMICILIO FISCAL: ENRIQUE JACOB GUTIERREZ No. 7 COL. SAN ANDRES ATOTO NAUCALPAN DE JUÁREZ, EDO. DE MÉXICO C.P. 53500.		FECHA DE ENTREGA: 07/04/2014	
R.F.C.: MPC-910220-EX3	TEL: 53127730	FAX:	NUM. DE PROVEEDOR:
UNIDAD SOLICITANTE: DIRECCIÓN DE ATENCIÓN HOSPITALARIA		AUTORIZACIÓN: OF. 3399 DEL 26/AGOSTO/2013	
LUGAR DE ENTREGA: Hospital Regional del Valle del Mezquital, ubicado en Carr. Pachuca-Ixmiquilpan Km. 64, Col. Taxadó C.P. 42300 Ixmiquilpan, Hgo, en días hábiles de las 08:30 a las 12:30 horas.		PROCEDIMIENTO: LPI LPN ICTP AD	
DESTINO FINAL: HOSPITAL DE IXMIQUILPAN		ADJ. DIRECTA DE LAS PARTIDAS DESIERTAS DE LA LICITACIÓN. EA-412009931-005-2013 PARTIDA 531001 EQUIPO MEDICO Y DE LABORATORIO.	
		FECHA: DÍA MES AÑO 5 3 2014	
		CONDICIONES DE ENTREGA: DE ACUERDO A LA FECHA DE ENTREGA INDICADA	
		CONDICIONES DE PAGO A PARTIR DE LA RECEPCIÓN DE LOS DOCUMENTOS: 30 DIAS HÁBILES A PARTIR DE LA ENTREGA TOTAL.	
		FACTURAR A: SERVICIOS DE SALUD DE HIDALGO R.F.C. SSH-961118-SF9. BOULEVARD DE LA MINERIA No. 130 LA PUERTA DE HIERRO, PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, C.P. 42086.	
LAS CONDICIONES DE ESTE CONTRATO DE ADQUISICIÓN SE CONSIGNAN EN LA ÚLTIMA HOJA			

REGLON	CLAVE	CÓDIGO-DESCRIPCIÓN DE LOS BIENES	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO NETO MONEDA NACIONAL	PRECIO TOTAL NETO MONEDA NACIONAL
		ECONOMÍAS DEL PROGRAMA SEGURO MÉDICO PARA UNA NUEVA GENERACIÓN 2012 SF: 3 GENERACIÓN DE RECURSOS PARA LA SALUD AI: 20 INFRAESTRUCTURA SUFICIENTE, EQUIPAMIENTO ÓPTIMO E INSUMOS SEGUROS PARA LA SALUD. AIE: H 38 FORTALECER EL EQUIPAMIENTO A LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA Anexo No. 2				
2	SIC	LLAVE ELECTRÓNICA DE PROXIMIDAD 1. LLAVE ELECTRÓNICA DE PROXIMIDAD SIN SENSORES 2. HERRAMIENTA PARA SUECCIÓN 3. FILTRO CON VÁLVULA CHECK PARA MANTENIMIENTO 4. REPUESTO: CABLE DE PROTECCIÓN A TIERRA 5. MATERIAL: LATÓN BAJO EN PLOMO 6. OPERACIÓN CON BATERÍA 7. VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN 6 VCC. MCA. HÉLVEZ MODELO TV-190 SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AIRE 120M CÚBICOS.	1	PIEZA	\$ 5,713.00	\$ 5,713.00
3	SIC	1. CON UN FILTRO REUSABLE DE FIBRA DE VIDRIO (CATALOGO PAG.7) 2. CON UN FILTRO REUSABLE DE CARBÓN ACTIVADO INTERCONSTRUIDO (CATALOGO PAG.7) 3. SISTEMAS QUE AYUDARAN AL FILTRO A REMOVER DEL AIRE PARTÍCULAS SUB MICRONES QUE FLOTAN EN EL AIRE (CATALOGO PAG. 5, 8) 4. DEBERÁ SER CAPAZ DE FILTRAR PARTÍCULAS DE 3 MICRAS, AUN 99.9% DE EFICIENCIA (CATALOGO PAG. 4, 8) 5. UN FILTRO INTERCONSTRUIDO DE CARBÓN ACTIVADO QUE ABSORBA HASTA EL 100 DE LOS OLORES CAUSADOS POR CONTAMINANTES. (CATALOGO PAG. 7) 6. CON CAPACIDAD DE 40 A 380M CÚBICOS (SEGÚN VELOCIDAD)(CATALOGO PAG. 7) MARCA IQAIR MODELO: HEALTHPRO PLUS TERMOMETRO DIGITAL AMBIENTAL	3	EQUIPO	\$ 82,000.00	\$ 246,000.00

Figura 4: Primera hoja del contrato de adquisición del HOSPITAL DE IXMIQUILPAN ^[9]

SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AIRE 120M CÚBICOS. 1. CON UN FILTRO REUSABLE DE FIBRA DE VIDRIO (CATALOGO PAG.7) 2. CON UN FILTRO REUSABLE DE CARBÓN ACTIVADO INTERCONSTRUIDO (CATALOGO PAG.7) 3. SISTEMAS QUE AYUDARAN AL FILTRO A REMOVER DEL AIRE PARTÍCULAS SUB MICRONES QUE FLOTAN EN EL AIRE (CATALOGO PAG. 5, 8) 4. DEBERÁ SER CAPAZ DE FILTRAR PARTÍCULAS DE 3 MICRAS, AUN 99.5% DE EFICIENCIA (CATALOGO PAG. 4, 8) 5. UN FILTRO INTERCONSTRUIDO DE CARBÓN ACTIVADO QUE ABSORBA HASTA EL 100 DE LOS OLORES CAUSADOS POR CONTAMINANTES. (CATALOGO PAG. 7) 6. CON CAPACIDAD DE 40 A 380M CÚBICOS (SEGÚN VELOCIDAD)(CATALOGO PAG. 7) MARCA IQAIR MODELO: HEALTHPRO PLUS	3	EQUIPO	\$	82,000.00 \$	246,000.00
---	---	--------	----	--------------	------------

Figura 5: Mención del purificador IQAir HealthPro Plus de la hoja de adquisición del HOSPITAL DE IXMIQUILPAN ^[9]

El segundo es una publicación de una página de proveedores de equipos de purificación de aire en el que menciona que en el Hospital General de México (HGM) se instaló por parte de la fundación **Asociación de Lucha contra el Cáncer A.C.** un equipo **IQAir CleanZone H13** en la sala de hematología para pacientes inmunodeprimidos que requieren un ambiente libre de virus, bacterias, hongos y otros contaminantes ^[10].



Figura 6: Purificador de aire IQAir H13 en Pedestal ^[10]

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

El origen de las infecciones intrahospitalarias se remonta al comienzo mismo de los hospitales en el año 325 de nuestra era, creados como expresión de caridad cristiana para los enfermos.

Entre los personajes que destacan por sus aportaciones de las infecciones intrahospitalarias están John Pringle (1740-1780), primer personaje en defender la teoría del contagio animado como responsable de las infecciones intrahospitalarias y ser el precursor de la noción de antiséptico; James Simpson, (1811-1870), realizando un estudio donde relaciona la cifra de mortalidad con el tamaño del hospital; el doctor Oliver Wendell Holmes (On the contagiousness of Childbed Fever) postuló que las infecciones puerperales eran propagadas físicamente a las mujeres parturientas por los médicos, a partir de los materiales infectados en las autopsias que practicaban o de las mujeres infectadas que atendían; así mismo dictó reglas de higiene en torno al parto ^[11].

2.1 Microbiología sanitaria

La microbiología se puede definir como la ciencia que estudia los microorganismos en aspectos como: morfología, estructura química, composición química, fisiología, genética, taxonomía y ecología. Es también la rama de la biología que se encarga de estudiar los organismos que solo se pueden observar a través de un microscopio como los virus, células procariontes y células eucariontes simples. La microbiología se divide en varias disciplinas como ^[12]:

- **Fisiología microbiana:** Estudio a nivel bioquímico del crecimiento, el metabolismo y la estructura de las células microbianas. Se relaciona también con la Bacteriología (estudio de las bacterias) y la Virología (estudio de los virus).
- **Genética microbiana:** Estudio de la organización y regulación de los genes microbianos.
- **Microbiología clínica:** Estudia la morfología de los microbios.
- **Microbiología médica:** Estudia el papel de los microbios en las enfermedades humanas.
- **Microbiología Veterinaria:** Estudio del papel de los microbios en la medicina veterinaria.
- **Microbiología Ambiental:** Estudio de la función y diversidad de los microbios en sus entornos naturales.
- **Microbiología Evolutiva:** Estudio de la evolución de los microbios.
- **Microbiología Industrial:** Estudia la explotación de los microbios para uso en procesos industriales.

- **Aero microbiología:** Estudio de los microorganismos transportados por el aire.
- **Microbiología de los alimentos:** Estudio de los microorganismos que afectan los alimentos.

La microbiología sanitaria estudia a los microorganismos así como los factores ecológicos que determinan su sobrevivencia, crecimiento e inactivación. La aplicación de técnicas modernas para el análisis microbiológico permite evidenciar riesgos microbianos e identificar prácticas que puedan comprometer el contagio de los mismos, así como realizar la vigilancia y control sanitario, para disminuir los riesgos en la salud. Al trabajar con los microorganismos patógenos del humano se relaciona con categorías de la medicina como lo son la patología, la inmunología y la epidemiología; sin embargo la microbiología tradicional se ha encargado de los microorganismos en general como bacterias, virus y hongos, dejando a otros organismos en áreas como la parasitología ^[13].

2.1.1 Bacterias

Son microorganismos unicelulares procariontes (células pero sin núcleo) que pueden provocar enfermedades, fermentaciones o putrefacción en seres vivos y en materias orgánicas. Se desarrollan en un medio de cultivo nutritivo a una temperatura de 33-37°C durante 24 a 48 horas de incubación, proporcionando información para determinar el grado de exposición de los objetos a la contaminación por microorganismos ^[14,15].

2.1.2 Tipos de bacterias

Las bacterias se clasifican de acuerdo a varias características; según a su función en *aerobias* y *anaerobias*, según su estructura morfológica (forma) en *bacilos*, *cocos* y *espirilos*; y según su pared celular en *Gram*⁺ y *Gram*⁻.

- **Cocos:** Son bacterias que tienen una forma redondeada o esférica. Dentro de esta categoría se encuentran otras que se refieren a la disposición que presentan al agruparse: *diplococos* (cuando la agrupación es de dos), *estreptococos*, (cuando se agrupan en cadenas o pares), *sarcina* (cuando la agrupación se hace en formas cuboides) y *estafilococos* (tienden a formar configuraciones irregulares como racimos de uvas) ^[16].
- **Bacilos:** Son bacterias que poseen una forma alargada similar a una barra, se encuentran en diferentes ambientes y solo se pueden observar bajo un microscopio.
- **Espirilos:** Son bacterias que poseen una forma de espiral ^[17].

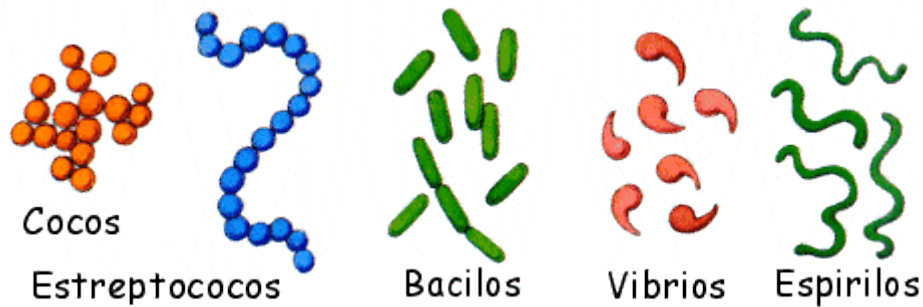


Figura 7: Representación de las bacterias en su estructura morfológica ^[17]

La pared celular es la responsable de la coloración bacteriana al realizar la *Tinción de Gram*. Ésta propiedad de teñirse o no de violeta oscuro es un criterio importante de clasificación con otras propiedades bacterianas. Las bacterias Gram-positivos (**BGP**) fijan el cristal violeta (*tinción de Gram*) en la pared celular porque tienen una gruesa capa de *peptidoglicano* o *mureína* (**PGM**) además de *ácidos teicoicos* (**AT**), en cuanto a las bacterias Gram-negativas (**BGN**) no fijan el cristal violeta y se tiñen de rosa con el colorante de contraste que es la *safranina*, debido a que tienen una delgada capa de *PGM* y sin ácido teicoicos en medio de dos bicapas lipídicas en la cual se encuentran los *lipopolisacáridos* o *endotoxinas* (**LPSE**) principalmente en la membrana externa ^[18,19].

El *peptidoglicano* (**PGM**) presenta un monómero que consiste en N-acetilglucosamina (**NAG**) y ácido N-acetilmurámico (**NAM**). El NAG está unido a NAM a través de un enlace glucosídico β 1-6 formando un disacárido. Los monómeros están unidos entre sí gracias a un enlace glucosídico 1-4 β . Esta estructura básica es válida tanto para bacterias gram-positivas como gram-negativas ^[20].

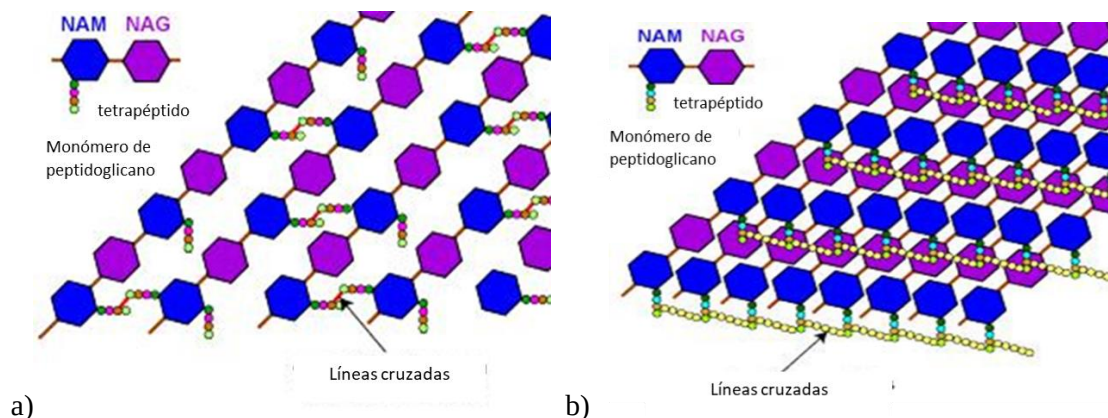


Figura 8: a) PGM de las BGN b) PGM de las BGP ^[20]

Los AT son cadenas de moléculas de glicerina o ribitol esterificadas entre sí por puentes fosfato que portan una fuerte carga negativa. Se unen a la mureína a través del fosfato formando una amida. Los AT se encuentran en la pared celular de las BGP, extendiéndose sobre la superficie de la capa de peptidoglicano. Sirven para proporcionar rigidez a la pared celular mediante la atracción de cationes tales como magnesio y sodio. Se pueden enlazar covalentemente al ácido N-acetilmurámico de la capa de peptidoglicano o bien unirse a los lípidos presentes en la membrana citoplasmática. El AT es el responsable del determinante antigénico del organismo ^[21,22].

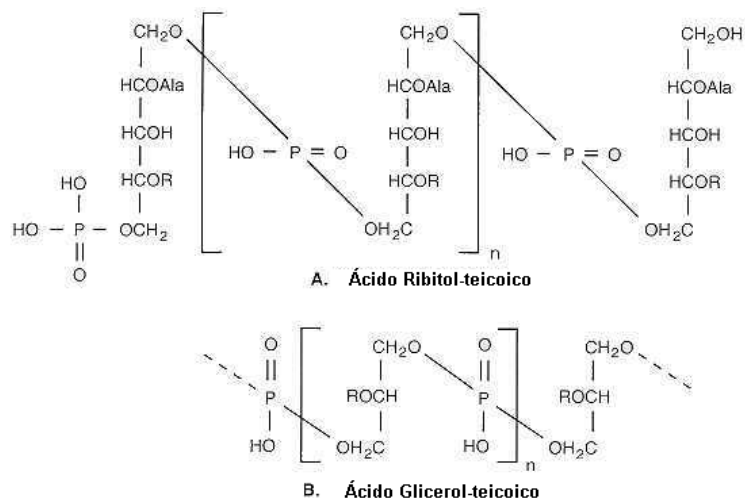


Figura 9: Estructura de los ácidos teicoicos de la pared celular ^[21]

En las BGN el espacio que va desde membrana plasmática a membrana externa se denomina espacio periplásmico, tiene aparentemente una consistencia gelatinosa. Otras enzimas importantes presentes en el espacio periplásmico son las b-lactamasas (responsables de la destrucción de los antibióticos) y las b-lactámicas (responsables de la resistencia de ciertas bacterias).

En las BGP no hay espacio periplásmico; pero pareciera que la parte más interna del PGM puede desarrollar una función similar ^[18].

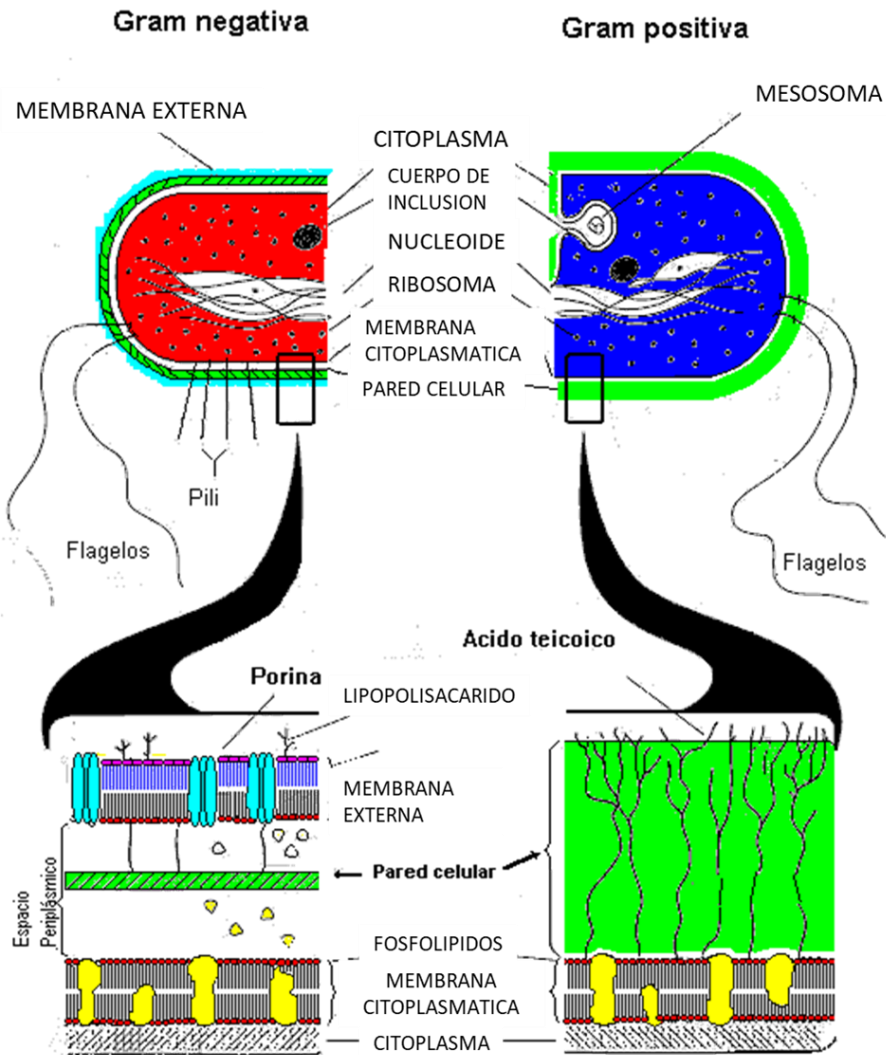


Figura 10: Representación de la pared celular de las BGN y BGP ^[21]

Las BGP contienen una pared continua llamada sáculo de 20 a 80 nm de espesor. Se compone de PGM que contienen una cadena principal de glucano, que se compone de ácido N-acetil murámico (NAM) y glucosamina. En algunas BGP, se encuentra ácido teicoico unido covalentemente al esqueleto del PGM. Los AT tienen una fuerte carga negativa. Las BGN tienen un grosor de 5 a 10 nm y contienen una monocapa de PGM reticulada a su cadena principal en la cual contiene de AT. Están compuestas de una envoltura celular en el exterior de la pared celular, llamada la membrana externa de 7.5-10 nm de espesor y en la que se encuentran los LPSE y está anclada en las lipoproteínas uniéndose covalentemente a la capa de PGM ^[23]. Las diferencias entre los PGM de las BGP y BGN consisten en sustituir el ácido aminopimérico (DAP) con la L-lisina, así forma un enlace peptídico que consiste en 5 glicinas ^[20].

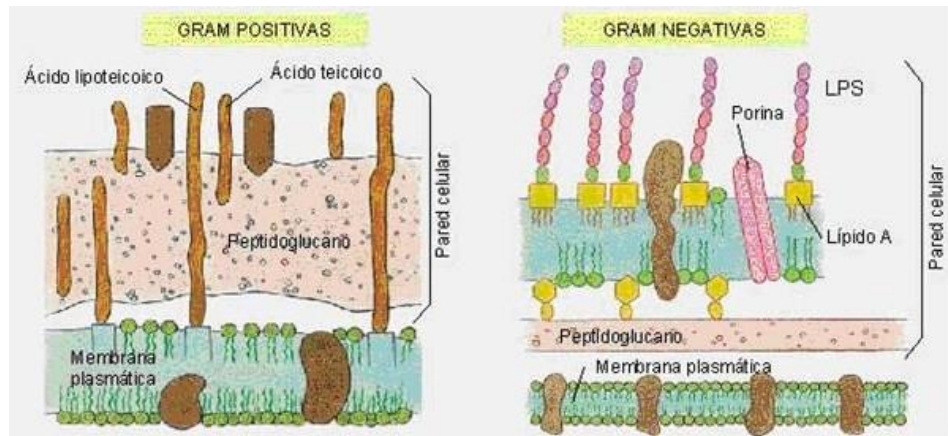


Figura 11: Diferencias entre las BGP y las BGN ^[20]

El esqueleto de la pared celular bacteriana tiene un grosor de 10 x 25 nanómetros (nm) y está constituido por una secuencia alternante de N-acetil-glucosamina (**NAG**) y el ácido N-acetilmurámico (**NAM**), lipoproteínas y lipopolisacáridos unidos mediante enlaces. La cadena es recta y no ramificada y constituyen hasta el 80 % del peso de la pared celular. El NAM es un éter resultante de la unión del oxhidrilo del C3 de la molécula de NAG con el oxhidrilo del ácido láctico. El grupo del ácido láctico enlaza una pequeña cadena peptídica, entre los aminoácidos típicos de esta cadena se encuentran la L-alanina, ácido D-glutámico, ácido m-diaminopimélico o la L-lisina o D-alanina ^[18,21].

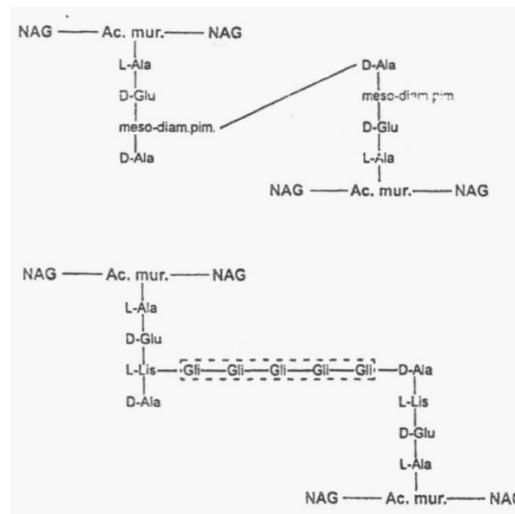


Figura 12: representación de la unión del NAG con las lipoproteínas ^[24]

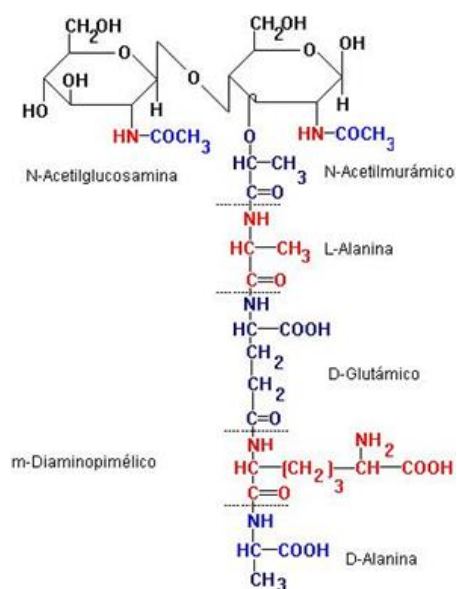


Figura 13: Pared Celular Bacteriana ^[18]

2.1.3 Agentes bacterianos

Un agente bacteriano es un organismo que es capaz de afectar la salud de diversas maneras. Algunos de estos agentes causantes de las principales infecciones nosocomiales son ^[25,26]:

- **Entero bacterias:** Bacterias Gram-negativas con morfología de coco o bacilo cuyo hábitat privilegiado es el intestino humano y animal.
- **Klebsiella:** Bacterias Gram-negativas con un tamaño entre 0.5 y 2.0 micrómetros (μm) que producen enfermedades nosocomiales como infecciones respiratorias y urinarias.
- **Streptococo:** Es un coco Gram-positivo anaerobios encapsulado, alargados con forma ovalada con un diámetro de 0.5 a 1.2 micrómetros (μm), Las células más viejas se decoloran fácilmente y aparecen como Gram negativas. Éste coco es causante de enfermedades infecciosas invasoras como meningitis, bacteriemias, sepsis, artritis séptica, neumonía o peritonitis.
- **Legionella:** Bacilo aerobio Gram-negativos delgado que es causante infecciones pulmonares.
- **Pseudomonas:** Bacteria Gram-negativa que infecta el tracto urinario, las vías respiratorias, las heridas y las quemaduras.

Otros agentes bacterianos importantes presentes en las infecciones nosocomiales son: Escherichia coli (E-coli), Staphylococcus aureus, Candida albicans, y Aspergillus spp.

Grupo	Agente	Infecciones que Produce
Bacilos Gram -	Pseudomona Aeruginosa	* Urinaria * Asociadas con vías intravenosas
	Salmonella	* Gastrointestinales
	Shigella	* Gastrointestinales
	Klebsiella	* Respiratorias * Urinaria * Asociadas con vías intravenosas
	Enterobacter	* Respiratorias
	Escherichia Coli	* Respiratorias * Urinaria * Gastrointestinales
Bacilos Gram +	Clostridios	* De heridas * Gangrena
	Streptococo B hemolítico	* Heridas quirúrgicas
	Streptococo Pneumoniae	* Respiratorias
	Estafilococo Aureus	* De herida quirúrgica * Respiratoria * Asociada a vías intravenosas
	Enterococo	* Urinarias * Infecciones asociada a vías intravenosas
Hongos	Candida / Turoloopsis	* Respiratoria * Asociada a nutrición parenteral

Figura 14: Cuadro de agentes bacterianos más comunes a) BGN, b) BGP [27]

2.1.4 Métodos, técnicas y pruebas

El desarrollo de un microorganismo obtenido en algún medio se designa como un *cultivo*. Un medio de cultivo es cualquier sustancia que puede ser usada para el desarrollo del microorganismo. Cuando las bacterias de un cultivo son todas de la misma especie en el mismo medio, se habla de cultivos puros; cuándo dos especies de bacterias se desarrollan en un mismo medio se dice que es un cultivo mixto. Si un cultivo contiene accidentalmente más de una especie de bacterias se habla de un cultivo contaminado [28].

Las bacterias se cultivan en alguno de los siguientes tipos de material de vidrio, una vez limpios y esterilizados: tubos de ensayo, cajas o placas de Petri, matraces de Florencia y Erlenmeyer, tubos de fermentación. Antes de su esterilización, un tubo que contiene medio de cultivo se tapa generalmente con algodón o con un tapón de caucho o plástico. Así se evita la entrada de nuevos contaminantes a la vez que se permite el libre intercambio de aire o gases.

Para sembrar un cultivo bacteriano en un medio estéril, un cierto número de células se transfieren (se inoculan) al medio con precauciones especiales para conservar la pureza del cultivo. El método de inoculación es de la siguiente forma: primero Se calienta el asa al rojo vivo para esterilizarla, después la enfriamos en algún punto del agar (medio de cultivo de sustancia gelatinosa) con el asa recta, insertamos el aza en el medio contaminado y rayamos en forma de estrías para sembrar los microorganismos en el agar. Las temperaturas óptimas de incubación de las bacterias son diferentes. La mayoría de los microorganismos utilizados en laboratorio así como los aislados de muestra clínicas crecen a una temperatura de 35° C, debiendo mantener la incubación a 35-37° C ^[28,29].

Los medios sirven para dos propósitos principales: para fomentar el crecimiento microbiano y para facilitar algunas reacciones bioquímicas ^[28].

El *agar nutritivo* es un medio de cultivo usado normalmente como rutina para todo tipo de bacteria. En un caldo de nutrientes, la bacteria crece en el líquido, y aparece como una sustancia espesa, con colonias difícilmente observables. El agar nutritivo contiene normalmente: 0,5% de peptona; 0,3% de extracto de carne/extracto de levadura; 1,5% de agar; 0,5% de cloruro de sodio; agua destilada y pH casi neutro (6,8) a 25 °C ^[30].

El **agar Müller-Hinton** es un medio de cultivo ha sido recomendado universalmente para la prueba de sensibilidad a los antimicrobianos. Además es útil con el agregado de sangre para el cultivo y aislamiento de microorganismos nutricionalmente exigentes. Fue desarrollado por John Howard Müeller y Jane Hinton en Harvard en 1941 ^[31].

El **agar sangre**, es un medio de cultivo enriquecido para propósitos generales usado para aislar microorganismos y detectar actividad hemolítica que contiene sangre de mamíferos (generalmente oveja, conejo, humanos) a una concentración de 5 a 10%. También, este medio de cultivo, puede utilizarse como un medio base para preparar el medio agar chocolate ^[32].

La sangre coagulada y estéril de diversos animales, se ha utilizado desde el siglo XIX como enriquecimiento para el cultivo de diversas bacterias patógenas. El agar sangre fue introducido por primera vez en Francia en 1903, por Bezançon y Griffon. El peso específico, viscosidad relativa, presión osmótica y punto de congelación de la sangre de carnero (oveja macho) son idénticos a la sangre humana. Las principales características hematológicas de la sangre de carnero son: hemoglobina 9-15 g/dl; hematocrito 27-45%; glóbulos rojos 9-15 millones/mm³; leucocitos 4,000-12,000/mm³; linfocitos 62%; velocidad de sedimentación 0.5 mm/hr. Los glóbulos rojos ovinos son más pequeños que los humanos.

La sangre de carnero presenta velocidad de sedimentación mucho menor en comparación con la sangre humana. Esta característica es deseable, ya que los eritrocitos de la sangre coagulada, suspendidos en su propio suero y almacenados en refrigeración durante menos de 21 días, no se compactan tanto como en el caso de la sangre humana. Esto permite que se preserven mejor. Por eso debe usarse sangre de carnero para preparar el agar al 5% ^[33, 34, 35].

El **agar MacConkey** es un medio de cultivo selectivo para bacterias Gram negativas y diferenciarlos sobre la base de la fermentación de la lactosa ^[36].

El **agar Chocolate** es un medio de cultivo enriquecido y no selectivo, variante del agar sangre por contener glóbulos rojos utilizado para el crecimiento de bacterias respiratorias. El agar se llama así solo a su parecido con el chocolate.

El **agar Sabouraud** es un medio de cultivo que por sus características es utilizado para el cultivo de hongos.

Los métodos básicos utilizados para investigar el número “total” de microorganismos son ^[37]:

a. **Recuento en placa (SPC):** Éste es el método más utilizado y se usa para la determinación del número de células viables o número de colonias que se desarrollan en condiciones ambientales determinadas.

b. **Método del número más probable (MPN):** Se basa en la determinación de presencia o ausencias de un determinado tipo de microorganismos (en función de que crezcan o de que produzcan determinada reacción en el medio), en cantidades decrecientes de muestra.

c. **Técnicas de reducción de colorantes:** Se usa para el cálculo del número de células viables con capacidad reductora.

d. **Recuento microscópico directo (DMC):** Estos métodos se emplean como parte de los métodos de detección para un gran número de microorganismos, los que dependen de las características del microbio a estudiar.

Las técnicas microbiológicas convencionales son ^[37]:

a. **Muestreo:** Consiste en la toma de material del microorganismo que se quiere estudiar y se garantiza los materiales necesarios y la preparación de las diluciones.

b. **Tratamiento:** Siembra del microorganismo en medios de cultivos.

c. **Enriquecimiento:** Esta etapa está orientada a obtener un mayor número de colonias del microorganismo que se está tratando de aislar, y se logra mediante el uso de determinados medios de cultivo que cumplen los requerimientos particulares del microbio.

d. **Aislamiento:** Se orienta a la detección de determinados microorganismos y se basa en el empleo de ciertas características que le son propias.

e. **Manutención y preservación:** Este tiene el propósito de poder conservar los cultivos puros por algún tiempo.

Las técnicas de conservación de microorganismos son las siguientes ^[37]:

- a. Subcultivos
- b. Mantenimiento bajo capa de aceite
- c. Liofilización
- d. Congelamiento

2.1.5 Normas Oficiales Mexicanas para las pruebas microbiológicas

Para pruebas microbiológicas se encuentra la norma oficial mexicana NOM-210-SSA1-2014 la cual habla del cuidadoso control de las condiciones en que se llevan a cabo las pruebas microbiológicas, que todo el material que este en contacto con las muestras deberá estar estéril utilizando un ciclo de esterilización validado, que todos los equipos deberán estar incluidos en un programa de calibración, mantenimiento preventivo y verificación, de acuerdo a las características del equipo y que se pueden utilizarse medios de cultivo preparados en el laboratorio por ingrediente, medios de cultivo preparado en polvo o listo para su uso. La norma oficial mexicana NOM - habla de la presentación de las fórmulas y los procedimientos para preparar los medios nutritivos para el cultivo. En el punto 6.2.6 habla de cómo preparar el agar sangre de carnero: 95 ml de base de agar sangre, 5 ml de sangre de carnero coagulada. Se puede preparar el agar base de acuerdo a las instrucciones del fabricante, enfriar a 45°C y agregar asépticamente la sangre de carnero (previamente se debe encontrar a temperatura ambiente). Homogeneizar el medio y verter en las cajas Petri estériles de 15 a 20 ml para la prueba de hemólisis ^[38,39].

La norma europea EN 1822 Eurovent 4/4 define 5 clases de filtros: EU 10, EU 11, EU 12, EU 13 y EU 14; el cual reemplaza varias normas nacionales como la DIN 24184, BS 3928 y AFNOR 44013 y la norma internacional ISO 14644-3:2006 “Salas limpias y locales anexos controlados” en la parte 3 “Métodos de ensayo” habla de que los filtros de aire de alta eficiencia se deben someter a la prueba de fugas del filtro instalado , con un intervalo sugerido de cada 6 meses, pero sin exceder los 12 meses. El propósito de realizar pruebas de fugas es para garantizar que no haya fugas en los medios filtrantes ni en el marco ni en la junta del filtro ^[40].

2.2 Infecciones nosocomiales

Una infección nosocomial debe de sospecharse en cualquier momento en que el paciente presente fiebre o algún otro síntomas no asociado con su enfermedad primaria cuando está bajo cuidado médico. Dependiendo del tratamiento que un paciente recibe para su diagnóstico principal regularmente indicaría el tipo de infección nosocomial que presenta. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) los tipos de infecciones nosocomiales son aquellos ocurridos durante la hospitalización que no estaban presentes al momento del ingreso del paciente a la unidad de salud. Para ser consideradas las infecciones como nosocomiales, deben ser contraídas al menos 48 horas después de permanecer en las unidades hospitalarias (internamiento) y con una extensión de 30 días, tanto en el paciente como en el trabajador de salud (debido a su ocupación o exposición). Estas infecciones prolongan la estancia hospitalaria en una media de 9 días y producen gastos adicionales debido a la implementación de métodos diagnósticos, tratamientos ^[41].

Se considera a las infecciones nosocomiales como eventos adversos de la seguridad del paciente. En la revista CONAMED se encuentra un artículo publicado por personal del HOSPITAL JUAREZ de la ciudad de México, el cual es un plan para el cuidado de la seguridad del paciente y de los resultados insatisfactorios por la resistencia de la falta de comunicación entre el personal encargado y la falta de acciones efectivas para la prevención de estos eventos ^[42].

Un boletín emitido por la Facultad de Medicina de la UNAM en el 2015 informó que las infecciones nosocomiales, además de complicar la salud e incrementar la hospitalización y riesgo de muerte en pacientes de estado críticos, representan un alto costo económico para las unidades hospitalarias. Estas infecciones son un problema relevante en la salud pública por asociarse con altas tasas de morbilidad y mortalidad, y constituir un desafío para las instituciones de salud y el personal médico responsable de la atención ^[2,43].

En una entrevista realizada en el 2011 al Subdirector de Epidemiología Hospitalaria y Control de Calidad de la Atención Médica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ), el Dr. Samuel Ponce de León, afirmó que “el país donde se vigilan de manera estricta las infecciones nosocomiales es Estados Unidos, con un porcentaje de adquisición en los pacientes que varía de un 5% a 10%. En cambio en México se calcula un porcentaje de adquisición 10% a 15% debido a un sistema de salud reducido y problemas de infraestructura (medicamentos y personal)” [44].

Como se mencionó anteriormente, En México se ha estimado que la frecuencia de infecciones en unidades hospitalarias varía desde 2.1 hasta 15.8%, siendo en las unidades de cuidados intensivos (UCI) la situación más preocupante [2]. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2015 fueron registradas 770 defunciones en unidades hospitalarias en el estado de Puebla, de las cuales 25 de ellas fueron por causa de enfermedades infecciosas [2,7].

Conjunto de datos: Morbilidad hospitalaria

Variables

Morbilidad hospitalaria

Ciertas enfermedades infecciosas

Tipo de establecimiento

Total

Consulta de: Defunciones Por: Año de registro morbilidad Según: Lugar ubicación establecimiento

Filas [Página 1 de 1]

Columnas [Página 1 2 3 4 5 6 7 de 7]

Lugar ubicación establecimiento	Puebla				Acatzingo				Atlixco				Chignahuapan				Huauchinango				Huejotzingo				Izúcar de Matamoros			
Año de registro morbilidad	↑	↓	↕	↗	↑	↓	↕	↗	↑	↓	↕	↗	↑	↓	↕	↗	↑	↓	↕	↗	↑	↓	↕	↗				
2004				41								1																
2005				39											1									2				
2006				50				1				2								2			1	3				
2007				29																								
2008				22				1												1								
2009				15																								
2010				18								1																
2011				17								2																
2012				19																								
2013				18																				3				
2014				21								2												1				
2015				25																								

Figura 15: Estadística de Morbilidad Hospitalaria por Infección Intrahospitalaria en el Estado de Puebla del 2004 al 2015 (información actualizada al 26 de mayo del 2016) [7].

Una publicación de la revista No. 09 De la UNAM hace referencia al impacto de las infecciones nosocomiales en América. Publica que las tasas de infecciones en países desarrollados son relativamente bajas, afectando a 5 al 10% de los pacientes. Tan solo en Estados Unidos, el número estimado de pacientes que adquieren una infección intrahospitalaria sería de 1.75 a 3.5 millones. En América Latina reportes sobre los costos

estimados asociados a infecciones adquiridas en las unidades hospitalarias con variaciones entre los diversos países e instituciones.

En México se ha estimado que el costo promedio de atención de un caso de infección intrahospitalaria es de aproximadamente 4,200 dólares (79 619.34 pesos mexicanos considerando el dólar a 18.96 pesos). En el año 2009 a través de la Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE), se registraron 37,258 casos de infecciones intrahospitalarias [45].

Conociendo estas problemáticas que el sistema mexicano enfrenta año con año y buscando el bienestar del paciente en estado crítico por qué no diseñarle un ambiente “más puro” y “libre de virus y partículas dañinas” para cuidar su espacio, así se le permitirle obtener una pronta recuperación en su salud y así mismo brindarle al mismo sistema de gobierno una opción para reducir las problemáticas que presenta.

2.2.1 Infecciones nosocomiales frecuentes en una unidad hospitalaria

El impacto de la infección nosocomial está medido por medio de informes estadísticos en pacientes graves, en especial los que ingresan en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), ya que es un lugar de contagio más habitual por que los pacientes tienen su sistema inmunológico muy debilitado [46]. Según las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una media del 8,7% de los pacientes de una unidad hospitalaria presentan infecciones nosocomiales. Existen cuatro infecciones nosocomiales comunes que son: las infecciones urinarias, las infecciones de heridas quirúrgicas, la respiratoria (neumonía) y la infección primaria de la sangre. La infección urinaria es responsable del 40% del total de infecciones intrahospitalarias (producto de la manipulación de las vías urinarias como dilataciones uretrales, nefrostomía, pielografía retrógrada y sondaje vesical). El riesgo de infección posterior a cateterismo vesical es de 1% a 2%. El sistema de drenaje abierto se asocia con 100% de infección al 4º o 5º día, mientras que con el sistema cerrado y estéril se reduce durante 1 o 2 semanas. Las *entero bacterias*, los *entero cocos*, *pseudomonas* y *hongos* causan la gran mayoría de estas infecciones urinarias intrahospitalarias. El único método que reduce el riesgo de las sondas urinarias es la inserción aséptica de un catéter estéril y el mantenimiento de un sistema de drenaje estéril y cerrado [47].

Las infecciones de heridas quirúrgicas tempranas (24-48 horas) son una causa significativa de morbilidad y mortalidad con un 15% de incidencias. El factor más importante en la frecuencia de las infecciones de las heridas quirúrgicas es la naturaleza de la operación, si se trata de un procedimiento “limpio” (mucosas indemnes, sin inflamación) o de un procedimiento “sucio” (perforación de vísceras con liberación de contenido, pus en la

herida). La técnica quirúrgica es imprescindible para disminuir la frecuencia de las infecciones, las cuales se producen 3 a 7 días después de la cirugía.

Las infecciones respiratorias se producen en el 0,5% al 5% de pacientes hospitalizados siendo la *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *E. coli* y *Proteus* los gérmenes más frecuentemente aislados [41].

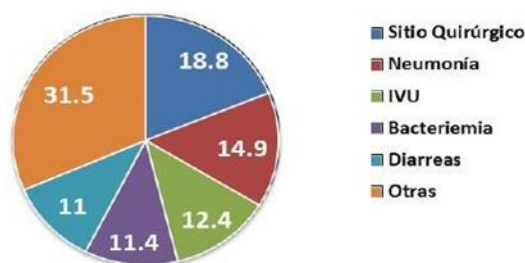


Figura 16: Las infecciones nosocomiales más frecuentes en los hospitales [48].

Los datos aportados por la U.S. National Healthcare Safety Network (NHSN) indican que las bacterias Gram-negativas son responsables de más del **30%** de las infecciones nosocomiales y que estas bacterias predominan en los casos de neumonía intrahospitalaria (NIH) en un 47%, y las infecciones del tracto urinario en un 45%. Estas infecciones desencadenan problemáticas debido a su capacidad de adaptar y adquirir genes que codifican los mecanismos de resistencia a los antibióticos [49].

Algunos organismos de las Gram negativas que predominan sobre las infecciones respiratorias (causantes de la NIH) son: *Haemophilus influenzae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*; sobre las infecciones urinarias son: *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*; sobre las infecciones de la sangre son: *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* y *Pseudomonas aeruginosa*; y sobre las infecciones gastrointestinales son: *Helicobacter pylori*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhi* [50].

2.2.2 Infecciones nosocomiales en el mundo

Las tasas de incidencia de las infecciones nosocomiales varían de un servicio a otro y entre hospitales y países. Mientras mayor es la complejidad de la institución hospitalaria (maneja cuadros clínicos más complejos) mayores son también los problemas generados por las infecciones nosocomiales. De cada 100 pacientes hospitalizados en un momento dado, 7 en los países desarrollados y 10 en países en desarrollo van a adquirir por lo menos una infección nosocomial [2, 51, 52].

En los países en desarrollo, el riesgo de infección relacionada con la atención sanitaria es de 2 a 20 veces mayor que en los países desarrollados. En algunos países en desarrollo, la proporción de pacientes afectados puede superar el 25%. En los Estados Unidos, uno de cada 136 pacientes hospitalarios se enferman gravemente a causa de una infección contraída en el hospital; esto equivale a 2 millones de casos y aproximadamente 80.000 muertes al año; la cifra es de entre 4.500 millones y 5.700 millones [1].

En los Estados Unidos existe (desde 1970) un sistema de vigilancia de las infecciones nosocomiales el llamado *National Nosocomial Infection System* (NNIS), establecido por el *Centers for Disease Control* (CDC), con el fin de realizar un estudio sistemático de las infecciones nosocomiales en ese país y sus resultados constituyen una referencia obligada en este campo [53].

En Inglaterra, más de 100.000 casos de infección relacionada con la atención sanitaria provocan cada año más de 5.000 muertes directamente relacionadas con la infección; se calcula que las infecciones relacionadas con la atención sanitaria en Inglaterra generan un costo de 1.000 millones de libras por año [1].

En Europa se viene desarrollando desde 1990 la experiencia de los llamados “hospitales-pilotos” para llevar en gran escala un estudio multicéntrico de vigilancia continuada de las infecciones nosocomiales, con vistas a aunar esfuerzos en la lucha contra este gran problema de salud actual. En países como Francia el gasto promedio por enfermo es de 1 800 a 3 600 dólares en sobreestadias que van de 7 días a 15 días. En el conjunto de países desarrollados el total de los gastos ascienden entre 5 y 10 mil millones de dólares [11].

En México, se calcula que 450.000 casos de infección relacionada con la atención sanitaria causan 32 muertes por cada 100.000 habitantes por año; el costo anual se aproxima a los 1.500 millones [1].

Según un trabajo realizado por Roxane Salvatierra-González, perteneciente a un grupo de expertos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) muestra estadísticas de hospitales de las regiones de Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Paraguay y Perú sobre el costo de las infecciones intrahospitalarias. En un hospital de Guatemala, el costo de un caso de neumonía nosocomial asociada a ventilación mecánica generó un costo en exceso de US\$ 1.758 por caso o 2,5 veces el costo de la atención de un paciente sin esa infección.

Si ese costo individual se multiplica por los 116 casos de la misma infección notificados durante el año del estudio, el costo en exceso sólo por este tipo de infección llega a \$203,928, aproximadamente 160 veces el salario mínimo anual en Guatemala en 2002 [54].

2.2.3 Transmisión y prevención de las infecciones nosocomiales

Las infecciones nosocomiales pueden transmitirse de distintas formas dentro de una unidad de salud ya que varios tipos de microorganismos sobreviven en el ambiente del hospital: directamente por contacto persona a persona por medio de contacto directo entre pacientes (manos, gotas de saliva o de otros humores corporales), en el aire por medio de gotas o polvo contaminado con bacterias de un paciente, por medio de personal contaminado durante la atención del paciente ya sea manos, ropa de cama, nariz y garganta (las bacterias de menos de 10 micrómetros (μm) de diámetro permanecen en el aire por varias horas y pueden inhalarse de la misma manera que el polvo fino). Las condiciones de hacinamiento dentro del hospital, el traslado frecuente de pacientes de una unidad a otra y la concentración de pacientes muy vulnerables a infección en un pabellón (por ejemplo, de recién nacidos, pacientes quemados, cuidados intensivos) contribuyen a la manifestación de infecciones nosocomiales. La flora microbiana puede contaminar objetos, dispositivos y materiales que ulteriormente entran en contacto con sitios vulnerables del cuerpo de los pacientes. Después del descubrimiento del uso de la penicilina en el siglo XX (1950 y 1970) fue posible tratar y curar muchas infecciones graves y mortales. Actualmente muchos microorganismos han adquirido resistencia a diferentes medicamentos antimicrobianos. La resistencia a los medicamentos antimicrobianos es un problema para la comunidad en los hospitales la transmisión de bacterias se incrementa por alta demanda de la población que es vulnerable. Las bacterias resistentes se transmiten de un paciente a otro y los factores de resistencia se trasladan de una bacteria a otra y ambas cosas ocurren con más frecuencia en los establecimientos de atención de salud. Comúnmente un tratamiento con antibióticos debe durar de 5 a 14 días según el tipo de infección. La prevención de las infecciones nosocomiales constituye una responsabilidad de todas las personas y todos los servicios proveedores de atención de salud. Para esto todos deben trabajar en cooperación para reducir el riesgo de infección de los pacientes y del propio personal.

Se debe exigir un programa integrado y vigilado que incluya limitar la transmisión de microorganismos entre los pacientes por medio del correcto ejercicio del lavado de las manos, hacer uso de guantes y asepsia, llevar estrategias de aislamiento, esterilización, desinfección y lavado de la ropa; se debe proteger a los pacientes con el uso apropiado de antimicrobianos y vacunación, limitar el riesgo de infecciones con una reducción de procedimientos invasivos y vigilar las infecciones e identificar y controlar los brotes.

Para esto se tienen programas nacionales o regionales y programas hospitalarios que tienen esta tarea con las prácticas adecuadas de higiene [47, 55, 56].

Infección	Eficacia comprobada	Ineficacia comprobada
Infecciones urinarias.	Limitación del período de uso de la sonda Técnica aséptica en la inserción Mantenimiento de un tubo de drenaje cerrado	Profilaxis con antibióticos de acción sistémica. Irrigación de la vejiga o instilación de solución antiséptica salina normal o de antibiótico. Uso de antiséptico en la bolsa de drenaje. Sonda con revestimiento antimicrobiano. Limpieza diaria de la zona perineal con antiséptico.
Infecciones de heridas quirúrgicas.	Técnica quirúrgica. Limpieza del ambiente del quirófano. Ropa del personal. Limitación de la estadía preoperatoria en el hospital. Ducha preoperatoria y preparación de la piel local del paciente. Óptima profilaxis con antibióticos. Práctica aséptica en el quirófano. Vigilancia de la herida quirúrgica.	Fumigación. Afeitada antes de la operación.
Neumonía.	Relacionada con el uso de respirador. Intubación y succión asépticas. Limitación del período de uso del respirador. Respiración mecánica no invasiva. Otros. Vacunación del personal contra la influenza. Normas sobre aislamiento. Agua estéril para el tratamiento con oxígeno y aerosol. Prevención de la infección por <i>Legionella</i> y <i>Aspergillus</i> durante cualquier renovación.	Descontaminación del aparato digestivo de todos los pacientes. Cambio del circuito del respirador cada 48 a 72 horas.
Infecciones relacionadas con el uso de dispositivos vasculares.	Todos los catéteres. Sistema cerrado. Limitación del período de uso. Preparación de la piel local. Técnica aséptica en la inserción. Retiro si se sospecha que hay infección. Catéteres centrales. Asepsia quirúrgica para inserción. Limitación de la frecuencia del cambio de vendaje. Catéter con revestimiento antibiótico para uso a corto plazo.	Cremas antimicrobianas para preparación de la piel.

Figura 17: Medidas de prevención de las infecciones nosocomiales [57]

Desde los años ochenta en México, el control de infecciones nosocomiales se formaliza a partir de un programa establecido dentro del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Subirán”, que después se extendió a otros Institutos Nacionales de Salud donde surge la Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE), en donde se elaboró el primer manual de control para su aplicación nacional y donde surgió la primera propuesta de creación de una Norma Oficial Mexicana sobre control de Infecciones (NOM-045-SSA2-2005) [58].

La Red Hospitalaria de Vigilancia Epidemiológica (RHOVE) tiene uso clínico, epidemiológico, estadístico y de salud pública protegiendo la identidad individual de los pacientes. La información epidemiológica de las infecciones nosocomiales es registrada en formularios establecidos por la Secretaría de Salud y sus equivalentes en otras instituciones del Sistema Nacional de Salud (SNS), aportando información necesaria para que establecer indicadores para la evaluación y seguimiento del sistema de vigilancia epidemiológica de las infecciones adquiridas en unidades hospitalarias, así como del comportamiento epidemiológico (según se establece en la normatividad para la certificación de hospitales)

[8,59].

En el 2015 fue publicada la versión más reciente de ese manual, mencionando un cambio de nombre de *INFECCIONES NOSOCOMIALES* (IN) a *INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN DE LA SALUD* (IAAS). También la publicación habla de un estudio de infecciones nosocomiales realizado en México (durante el 2011 en hospitales generales de las principales instituciones públicas de salud) en donde se encontró una prevalencia de infecciones del 21%, Se reconoce la necesidad de consolidar los mecanismos vigentes de vigilancia epidemiológica en México [2, 58].

De acuerdo a un boletín publicado en Noviembre del 2015 por la Dirección General de Calidad y Educación en Salud (DGCEs), la OMS lanza en el 2005 primer reto mundial “Una atención limpia es una atención más segura”, el cual esté encaminado a que todos los profesionales de la salud realicen higiene de las manos durante los procesos de atención a la salud, como una medida primordial para disminuir las infecciones relacionadas con la atención de la salud. México en el año 2008 y como parte del Programa de Seguridad del Paciente, se une a éste reto celebrado cada 5 de mayo, a través de la Campaña Sectorial “Está en tus manos”, tomando en cuenta los lineamientos propuestos por la OMS, que consisten en difundir las técnicas de higiene de manos, como son: lavado con agua y jabón, y la desinfección con soluciones alcoholadas (u otro antiséptico), en los 5 momentos esenciales de los procesos de atención a la salud, con el propósito de reducir la transmisión microbiana de infecciones relacionadas con la atención sanitaria o las intrahospitalarias [60].

2.3 Contaminación hospitalaria y purificación del aire

La contaminación (a grandes rasgos) es la introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural que provoca inestabilidad, desorden y daños en el ecosistema. Los contaminantes se presentan como moléculas: gases, aerosoles, partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. La contaminación hospitalaria se refiere al tipo de contaminación generada en una unidad médico-clínica de salud producida dentro (trabajadores o pacientes) y fuera (medio ambiente en general) por elementos bióticos y abióticos. Representa un riesgo para la condición de la salud humana, ya que cada paciente hospitalizado genera unos 7 Kg diarios de residuos sólidos en promedio [61,62].

Una persona en un cuarto limpio (aún después de un baño de aire) puede desprender entre 1,000000 y 10,000000 de partículas/minuto y éste valor incrementa cuando la persona está en movimiento. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su siglas en inglés) estima que la contaminación del aire interior (en 0.0283 metros cúbicos (m^3)) puede contener 1,000000 de partículas ≥ 0.5 micrómetros (μm) generando así uno de los 5 principales riesgos para la salud pública [62].

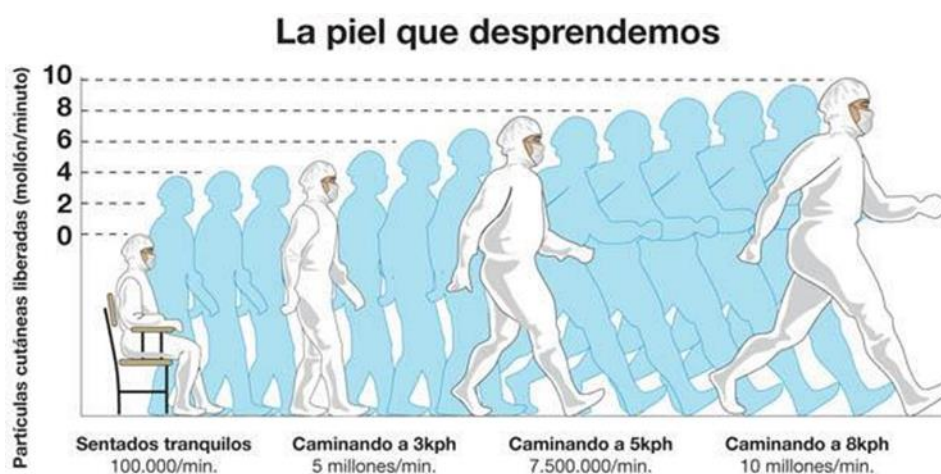


Figura 18: Partículas liberadas por el movimiento [62]

2.3.1 Partículas en suspensión

Una partícula en suspensión es una pieza pequeña de sólido o gota de algún líquido que se encuentra en el ambiente. Las características comunes de estas partículas son: tamaño, forma, densidad, toxicidad, si son corrosivos, si son adhesivos o si son reactivos. La característica más importante es la distribución de tamaños.

Por lo general, como medida del tamaño se utiliza el diámetro aerodinámico de las partículas que se mide comúnmente en micrómetros (10^{-6} m) [63].

Las partículas respirables que se encuentran presente en la atmósfera, y que se encuentran en las ciudades, están representadas en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras). Estas partículas se puede dividir según su tamaño en dos grupos principales: a las partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 micrómetros (μm) o 10 micrómetros se las denomina *PM10* y a la fracción respirable más pequeña se denomina *PM2.5* [64].

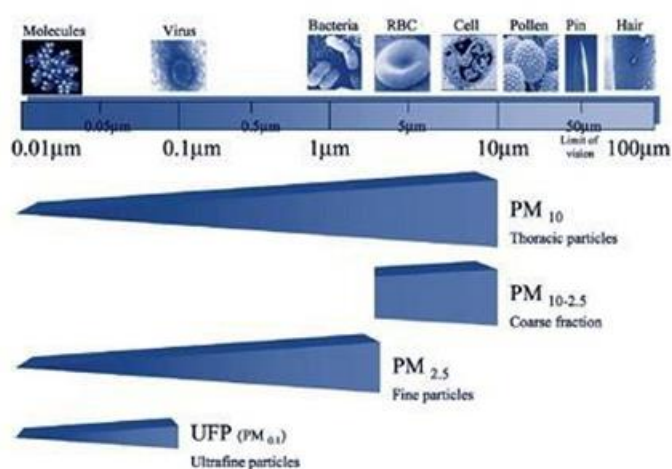


Figura 19: Tamaños de partículas [64]

Los efectos que estas partículas causan en la salud humana se asocian a enfermedades de tipo respiratorio (bronquitis) y de tipo cardiovascular. En el caso de las partículas *PM2.5* hacen que sean 100% respirables ya que su tamaño les permiten viajar a los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo [64].

Del estudio sobre las causas y tipos de contaminación se deduce que solo sólo existen dos clases de contaminación:

1. **Gases, olores y compuestos químicos:** Estos contaminantes sólo se pueden eliminar por filtración a través de carbón activado

2. **Elementos sólidos (partículas):** Por ejemplo, polvo, polen, hollín de diésel, bacterias, virus, etc. Estas partículas contaminantes sólo se pueden eliminar de forma efectiva mediante un filtro de aire de alta eficiencia, también llamado filtro HEPA.

1 nm (nanometer)	= 0.000001 mm (milimeter)	1000 nm = 1 µm (micrometer)
10 nm	= 0.00001 mm	100 nm = 0.1 µm
100 nm	= 0.0001 mm	10 nm = 0.01 µm
1000 nm	= 0.001 mm	1 nm = 0.001 µm
0.01 µm (micrometer)	= 0.00001 mm (milimeter)	
0.1 µm	= 0.0001 mm	
1 µm	= 0.001 mm	
10 µm	= 0.01 mm	
100 µm	= 0.1 mm	
1000 µm	= 1 mm	

Figura 20: Descripción de las diferentes escalas de medición

De acuerdo a un artículo publicado la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido la recomendación de utilizar como indicador de la concentración de partículas materiales en el aire los valores de las partículas de diámetro inferior a 2.5 micras (PM2.5), frente a los valores utilizados de las partículas de diámetro inferior a 10 micras (PM10). Las partículas PM2.5 tienen efectos más severos sobre la salud que las partículas más grandes por que se pueden acumular en el sistema respiratorio y registran efectos negativos sobre la salud [64].

2.3.2 Tipos y clasificación de cuartos limpios

Las primeras salas blancas se desarrollaron en la rama hospitalaria cuando Pasteur, Koch, y otros microbiólogos y cirujanos, se dieron cuenta de que las bacterias que contenía el aire causaban infecciones en los hospitales y que el número de infectados se reducía considerablemente cuando efectuaban ventilación intensa en los mismos [65].

Se acuerdo a la norma Federal Standard 209 de Estados Unidos, la norma Británica BS 5295 y la norma ISO 14644-1 se definen un cuarto limpio (o sala blanca) como una habitación diseñada para obtener bajos niveles de concentración de partículas en el aire de manera controlada minimizando la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto, y donde la temperatura, humedad, patrones de flujo y volumen de aire, movimiento del aire y presión son controlados por metro cúbico [m³] o pie cúbico [ft³] a un tamaño de partícula específico [61,66].

Independientemente de la industria de trabajo (microelectrónica, farmacéutica, alimentaria, microistemas, médica, hospitales, industria del plástico, química) el propósito de los cuartos limpios es controlar el nivel de partículas en el aire para la esterilización de una habitación, ya que aunque cada ramo industrial tiene sus procesos únicos de control ambiental, la calidad del aire es fundamental para lograr los niveles de limpieza deseados [67].

Claramente una unidad hospitalaria no está exenta de generar riesgos de tipo biológicos (infecciones nosocomiales), físicos (radiaciones, descargas y cortes) y químicos (gases anestésicos). Una solución para éste tipo de contaminaciones pueden ser las regularizaciones de normas para la limpieza del hospital, realizar programas de desinfección y desinsectación y hacer las pruebas de salud en el personal de limpieza del hospital para el control de los microbiológicos, de los antisépticos y los desinfectantes [61].

Hay un cuarto limpio para cada necesidad industrial. Según la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la US Federal Standard 209 (para área de limpieza) los cuartos limpios se clasifican de acuerdo a la pureza del aire y a la cantidad de partículas por pie cúbico.

La US Federal Standard 209 designa el número de clase para un cuarto limpio especificando que el número de partículas sea igual o superior a 0.5 micrómetros medidos en un pie cúbico de aire. La ISO 14644-1 es la designación internacional de la limpieza de un cuarto limpio e incorpora las unidades métricas utilizadas en otras partes del mundo. Existen cuartos limpios de 100000, 10000, 1000, 100, 10 y hasta 1 partícula por pie cúbico (ft³) y se conocen como clase 100K (ISO 8), 10K (ISO 7), 1K (ISO 6), 100 (ISO 5), 10 (ISO 4) y 1 (ISO 3) respectivamente [68,69,70].

Sistema Inglés	Partículas por metro cúbico de Aire	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	5µm
	ISO 1	10	2				
	ISO 2	100	24	10	4		
1	ISO 3	1.000	237	102	35	8	
10	ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	
100	ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
1.000	ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
10.000	ISO 7				352.000	83.200	2.930
100.000	ISO 8				3.520.000	832.000	29.300
	ISO 9				3.520.000	8.320.000	293.000

Figura 21: Clasificación del cuarto limpio según la norma ISO [68]

La mayoría de los cuartos de clases ISO 1 a ISO 6 se construyen con filtros en el techo, pueden instalarse agrupados en plenos de forma modular.

Estos pueden también ser instalados en carcasas de filtros, con ductos individuales, suspendidas en un sistema de soporte en forma de “T”, y sellarse para prevenir el paso al cuarto limpio de aire no filtrado. Los cuartos limpios clase ISO 1, ISO 2 e ISO 3 son diseñados para flujo de aire unidireccional, que se consigue al proveer al 100% del techo filtros de tipo HEPA o ULPA, e instalando secciones de piso volado con paneles perforados, de este modo el aire se mueve verticalmente hacia abajo desde el techo hacia los paneles en el piso para ingresar luego en un pleno de aire bajo dicho piso. En cuartos limpios clase ISO 4, ISO 5 e ISO 6 es más común la instalación de filtros HEPA por el tipo de flujo que maneja, ya que generan patrones uniformes de modo que el aire se mueva hacia abajo en la habitación haciendo que las corrientes de aire no puedan definirse. Mientras el aire entrante en la habitación está libre de partículas, el conteo de partículas se basará en: el número de partículas generadas en un cuarto limpio, el efecto disolutivo de los cambios de aire y la velocidad con que las partículas son removidas de la zona crítica de trabajo. La manera de clasificar los cuartos por su nivel de limpieza es proporcionada por la Norma ISO 14644-1 basada en la siguiente ecuación [71]:

$$Ec. 1: Cn = (10N) * [(0.1/D)(2.8)]$$

Donde:

- **Cn** representa la máxima concentración permitida (en partículas por m³ de aire) de partículas suspendidas que son iguales o mayores que el tamaño de partícula considerada. Cn se redondea al número entero más cercano.
- **N** es el número de Clase ISO, el cual no debe exceder el valor de 9. Pueden determinarse números de clase ISO intermedios, siendo 0.1 el incremento menor permitido de N.
- **D** es el tamaño de partícula considerada en micrómetros (µm).

2.3.3 Purificación del aire

Para reducir al mínimo las partículas transmitidas por el aire, el aire debe hacerse circular en el recinto con una velocidad mínima de 0.25 m/segundo a través de un filtro de alta eficiencia que excluye las partículas de un tamaño definido. Si se retiran las partículas de 0.3 µm de diámetro y partículas mayores, el aire que entre al recinto estará esencialmente limpio y libre de contaminantes bacterianos [47].

En los cuartos limpios se mantiene el aire libre de partículas a través de filtros HEPA o ULPA, empleando los principios de flujo de aire laminar o turbulento [67]:

1. **Flujo de aire turbulento o Convencional:** Este tipo de cuartos limpios también se les conoce como turbulentamente ventilados y se caracterizan por la forma en que entra el aire de suministro por medio de difusores o filtros instalados en el cielo suspendido (con ondas aéreas no-paralelas entre sí).

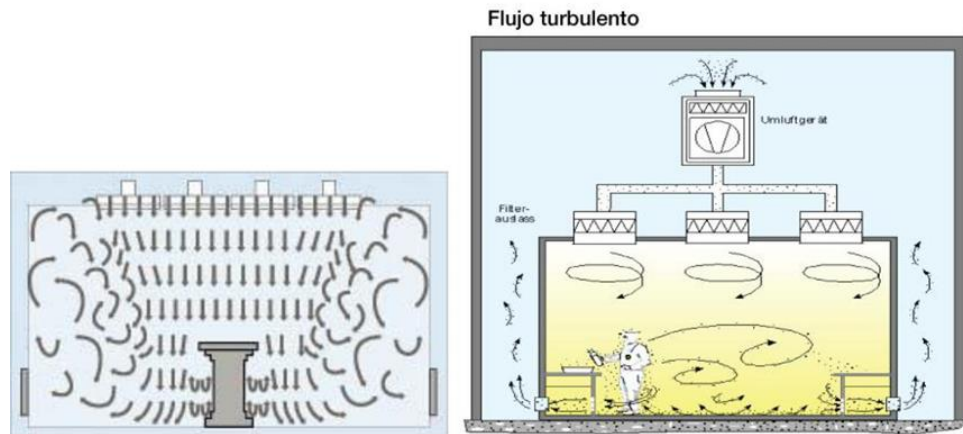


Figura 22 y 23: Representación de cuarto con flujo de aire turbulento [66]

2. **Flujo de aire laminar o Unidireccional:** El aire limpio que es suministrado pasa por un banco de filtros de alta eficiencia, en forma unidireccional a través del cuarto (con ondas aéreas esencialmente paralelas entre sí).

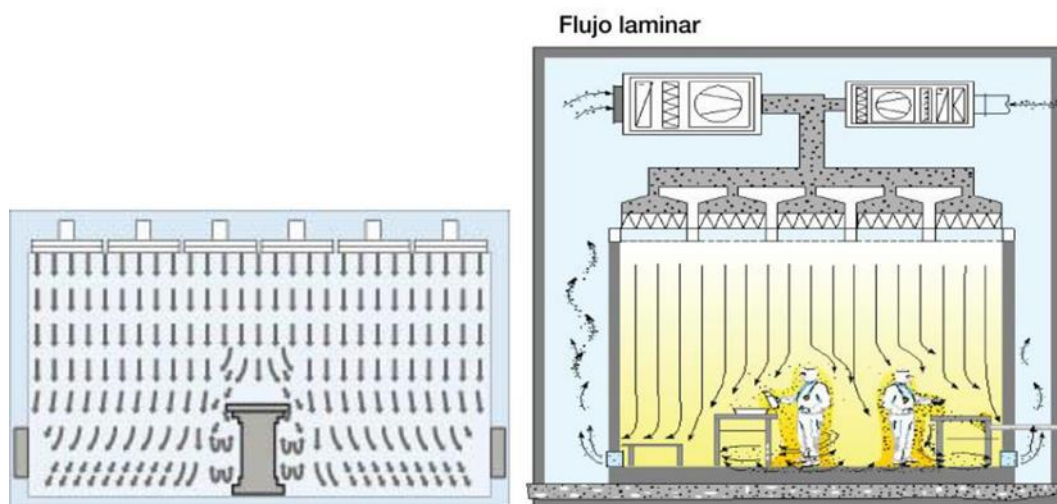


Figura 24 y 25: Representación de cuarto con flujo de aire laminar [66]

3. **Flujo Mixto:** Este tipo de cuarto limpio es ventilado de una forma convencional con excepción de áreas donde el producto sea expuesto a contaminación; en este caso, se utilizan cabinas con flujo unidireccional (con ondas aéreas que pueden ser paralelas en una parte del cuarto limpio y no paralelas en otra).

4. **Micro-ambiente:** Se utilizan dentro de un cuarto limpio para garantizar la máxima protección contra la contaminación mediante el Flujo de aire turbulento (no unidireccional) y flujo de aire laminar (unidireccional).

Un purificador de aire es un dispositivo utilizado para limpiar el ambiente de impurezas encontradas en el aire en los hogares, en la industria y lo pueden utilizar personas con enfermedades respiratorias. Existen diferentes tipos de técnicas y etapas para purificar el aire [71]:

- **Filtración electrostática:** Se basa en crear campos electromagnéticos para atraer partículas (sólo partículas) y a veces utiliza un filtro de carbón activo como filtro final para absorber gases.
- **Ionización:** Se basa en la creación de iones negativos para mantener una proporción aceptable entre iones positivos y negativos.
- **Radiación UV:** Con esta técnica es posible matar microorganismos

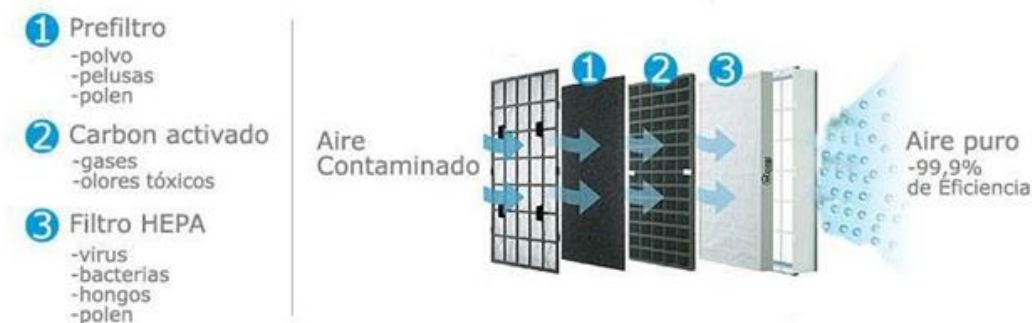


Figura 26: Etapas de purificación por filtros [72]

La mayoría de los equipos de purificación de aire utilizan 3 etapas de filtración de partículas para la pureza del aire: pre filtro, filtro de carbón activo y filtro HEPA. El objetivo de los filtros es eliminar las partículas presentes en el aire para una purificación del ambiente. Sus propiedades varían de acuerdo a las necesidades de filtración y adherencia de cada espacio y al tipo de partículas a capturar. Los equipos de purificación más especializados llegan a utilizar hasta 7 etapas de filtración [3,73]:

- **PREFILTRO DE POLIPROPILENO (FILTRO ELECTROSTÁTICO):** Retiene polvo, pelos (humanos y de animales) y, en general, las partículas de mayor tamaño.
- **FILTRO DE SÓLIDOS (G4):** Reduce la presencia de partículas sólidas pequeñas (por ejemplo, polen) y constituye una barrera de contención para optimizar la acción del filtro de alta eficiencia (HEPA).
- **FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO:** Los filtros de carbono son tratados con oxígeno que abre millones de pequeños poros en el carbón. Reduce olores desagradables (por ejemplo, humedad) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Los filtros de carbón son de las primeras etapas para purificar el aire.
- **FILTRO DE ALTA EFICIENCIA:** Es el filtro más eficiente conocido por sus siglas en inglés HEPA (*High Efficiency Particle Arresting*). Por su efectividad fue aprobado para ser usado como filtro principal en los sistemas de filtración de salas limpias de ensamblaje electrónico, salas de aislamiento, pabellones quirúrgicos, bioingeniería, procesos farmacéuticos, naves espaciales, submarinos nucleares y muchas otras áreas donde se requiere la eliminación o remoción de partículas. Está confeccionado con materiales especialmente desarrollados para lograr una gran eficiencia (99.97% libre de partículas en el aire) en la acción antibacteriana (reduce sustancialmente bacterias y gérmenes de partículas por debajo de 0.3 micrones incluyendo bacterias, hongos y otras microbiológicas).

El filtro de alta eficiencia está compuesto por una malla de fibras al azar con diámetros de entre 0.5 y 2.0 micrómetros (μm) compuestas por capas de celulosa, fibras sintéticas o fibras de vidrio. Según el Colegio Americano de Alergias (ACAAI) el 50% de todas las enfermedades son agravadas o causadas por aire contaminado en espacios interiores y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) declara que la calidad del aire en espacios cerrados es 2 a 10 veces más peligrosa que el aire del exterior ^[3,4].

2.3.3.1 Compuestos de las capas de los filtros

a) Fibra de vidrio: Son filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio. Estos filtros no son caros, son desechables y están disponibles en diferentes densidades y tamaños. Estos filtros pueden mezclarse con algodón u otras fibras para producir un amplio espectro de características del material ^[3].

b) Fibras sintéticas: Son fibras generadas químicamente. La *fibra acrílica* es una fibra sintética diseñada de productos químicos de 85% en peso de un material llamado

acrilonitrilo. La *fibra de carbono* es también una fibra sintética diseñada a partir del material llamado **poliacrilonitrilo**, que está constituido por la unión de miles de filamentos de carbono [3].

c) Carbón activado: Este material se utiliza por su capacidad de interceptar casi todos los compuestos de origen orgánico e inorgánico. Estos se instalan después de los filtros de aire más simples para que las partículas grandes no los obstruyan. Son los únicos filtros, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos que son capaces de atrapar gases nocivos [3].

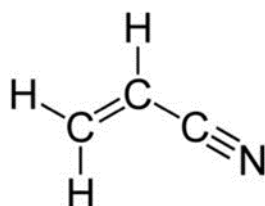


Figura 27: Estructura química del acrilonitrilo [3]

d) Poliacrilonitrilo: El poliacrilonitrilo (PAN) es un polímero utilizado en la fabricación de fibras sintéticas realizado a partir del monómero acrilonitrilo. Generalmente son copolímeros de *acrilonitrilo* y *acrilato de metilo*, o *acrilonitrilo* y *metacrilato de metilo*. Se utiliza frecuentemente para hacer otro compuesto del tipo polimérico: *la fibra de carbono* [74].

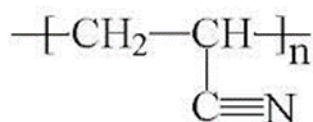


Figura 28: Fórmula química del poliacrilonitrilo [74]

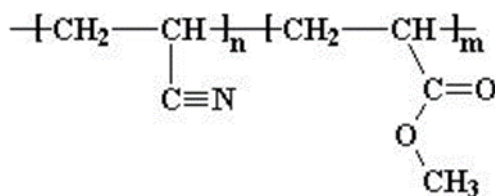


Figura 29: Fórmula química del poliacrilonitrilo con metilacrilato [75]

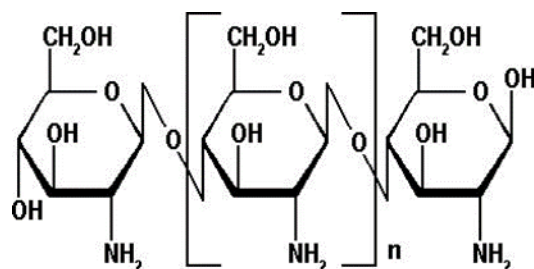


Figura 34: Fórmula química del quitosano ^[79]

El efecto antimicrobiano del quitosano se atribuye a la presencia de un grupo amino con carga positiva que puede interactuar con los compuestos de carga opuesta presentes en la superficie de los microorganismos. Sin embargo, se reportan resultados contradictorios respecto a la actividad antimicrobiana del quitosano, indicando la existencia de factores intrínsecos y extrínsecos los cuales podrían modificar dicha actividad antimicrobiana. En la literatura se reporta que el quitosano tiene un efecto antimicrobiano complejo entre las bacterias Gram positivas y las Gram negativas. Un estudio realizó la comparación de la actividad antimicrobiana con quito-oligosacárido de diversas masas. Se reportó que para un tamaño de masa las bacterias Gram negativas fueron más susceptibles que las bacterias Gram positivas fueron las más susceptibles ^[81].

Los filtros mecánicos brindan una resistencia muy alta al flujo de aire por unidad de área, esto es producido por la alta densidad de las fibras que lo compone. Para disminuir la resistencia al flujo se utilizan láminas de fibra de vidrio hidrófobas (que reducen al mínimo la absorción de agua bajo condiciones normales) de gran área de superficie, plegando la lámina sobre sí misma y colocada en un área más pequeña para reducir también el espacio muerto ^[82].

2.4 Química cuántica

La Química Cuántica es una rama teórica de la Química en la que a través de modelos se describe el comportamiento fundamental de la materia a una escala atómica o molecular. Con la química cuántica podemos conocer la estructura y la función que realiza una proteína que se encuentra en una bacteria o un virus, haciendo estudios sin exponer ni arriesgar vidas en experimentos. La química cuántica tiene aplicaciones en muchísimos campos: Farmacología, bioquímica, botánica, tecnología de los alimentos, ciencias de los materiales, química atmosférica, etc.

La transferencia de carga, en química cuántica, es una relación química de dos o más moléculas, en la que la atracción entre moléculas se debe a que una fracción de carga electrostática es transferida entre las entidades hacia un estado electrónico excitado.

La función de onda electrónica o “nube electrónica” se adapta al cambio en las posiciones nucleares. De modo que para cada posición nuclear existe una ecuación de Schrödinger electrónica y por tanto una energía y una función de ondas. Un orbital atómico es una zona del espacio donde existe una alta probabilidad (superior al 90%) de encontrar al electrón, así los orbitales moleculares se forman como combinación lineal de orbitales atómicos ^[83].

El **LUMO** se define como el intervalo energía electrónica que permite a los electrones sufrir aceleraciones por la presencia de corrientes eléctricas y es conocida como la *banda de conducción*; el **HOMO** se define como el intervalo más alto de energía que se encuentra ocupado por electrones en valor del cero absoluto y es conocida como la *banda de valencia*. El HOMO (de sus siglas en inglés Highest Occupied Molecular Orbital) es el orbital más lleno de electrones, mientras que el LUMO (de sus siglas en inglés Lowest Unoccupied Molecular Orbital) es el orbital al que le falta electrones. El HOMO igualado a cero (HOMO 0) es la última capa llena de orbitales queriendo decir que se encuentra en el último orbital de valencia. El LUMO igualado a cero (LUMO 0) es la última capa a la que le faltan electrones ^[84].

El **EP** se define como la energía potencial total de la molécula. Es un vector de campo electrostático el cual también es definido como el potencial que necesita el electrón para saltar el radio de Bohr (0.53 Armstrong) mediante su fuerza electromotriz natural calculada (FEM). El valor de E negativo (e^-) es el potencial electrostático con polos negativos, mientras que el valor de E positivo (e^+) es el potencial de electrón con protón. Esto en otras palabras quiere decir que tener 1 EP es tener 1 volt por Armstrong. La obtención del EP se realiza mediante la diferencia absoluta del e^- y e^+ ^[84].

El **ETC** es también conocido como *COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA* (en inglés Electronic Transfer Coefficient) y se define como el parámetro adimensional que describe una reacción electroquímica, interpretándose como el número de veces en tiempos que necesita la energía potencial para brincar a la BG. Se calcula dividiendo de forma absoluta el BG y el EP. Esto es, si se tiene un BG de 10 y un ETC de 40, quiere decir que se necesita de 40 veces el valor de EP en electronvoltios para que el BG de 10 salte del HOMO al LUMO ^[84].

El pozo cuántico se define como la zona en la que el valor del ETC puede caer. Estas zonas se dividen en 3 ^[85]:

- 1) El área de mayor interacción electrónica. Es la zona inferior al límite del ETC de un compuesto (ZONA I) en donde ocurre una muy alta probabilidad de transferencia de electrones o de una reacción química.
- 2) El área media. Es la zona media del límite del ETC de un compuesto (ZONA II) en donde ocurre una probabilidad mediana de transferencia de electrones o de una reacción química.
- 3) El área de menor interacción electrónica. Es la zona superior al límite del ETC de un compuesto (ZONA III) en donde ocurre una muy baja probabilidad de transferencia de electrones o de una reacción química.

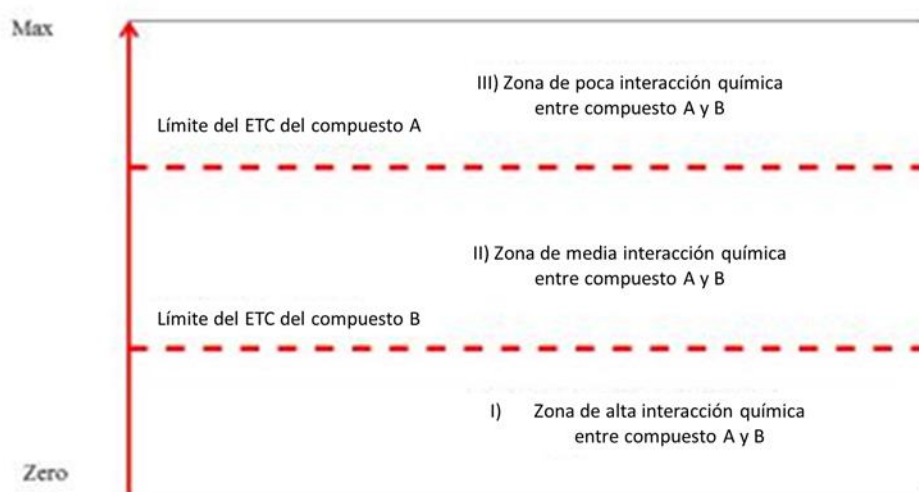


Figura 35: Explicación de las zonas del pozo cuántico mediante los ETC ^[85]

Éstas zonas son definidas por límites que se obtienen de los valores de ETC de las sustancias puras a realizar un cruce de bandas; delimitando la primera línea como *límite superior* (el valor de ETC más alto de la sustancia a comparar, siendo el más estable) y la línea siguiente como *límite inferior* (el valor de ETC más bajo de la sustancia a comparar, siendo el menos estable). La probabilidad de que ocurra una transferencia de electrones aumenta conforme se hace más pequeño el ETC y el valor de ETC más bajo no rebase el valor de cero. Los puntos representan las posibles combinaciones de HOMO-LUMO y LUMO-HOMO de las sustancias puras ^[85].

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Metodología cuántica

Para la realización del estudio cuántico de los compuestos que forman las capas de la malla de los filtros de alta eficiencia se procedió a realizarlo mediante un software de simulación llamado **HYPERCHEM**; éste software permite una visualización y animación en 3D con una herramienta para modelado molecular, permite simular y realizar cálculos de química cuántica, mecánica y dinámica molecular (optimización de la geometría, energía de punto, estado de transición, dinámica molecular, dinámica de Langevin, simulaciones de Monte Carlo, análisis de coordenadas normales, análisis de espectros vibracionales y espectros electrónicos).

Se especifica que el software utilizado es el HyperChem Molecular Simulator V8.5 para Windows con número de serie 12-800-1501800080, fue instalado en una máquina laptop marca HP modelo Pavilion Notebook con sistema operativo de 64 bits y un procesador AMD-A8 de 2.20 Ghz con una tarjeta de video AMD Radeon R5 Graphics y Windows 10.

Para realizar los cálculos de HOMO, LUMO, e^- y e^+ se eligió utilizar el método semiempírico PM3 (SE-PM3) para la extracción de moléculas y el análisis de la composición de la cuántica de moléculas y otras propiedades; ya que cuando se compara la interacción de dos moléculas con el método semiempírico, hay un arreglo del ETC con las dos moléculas. Para iniciar con el diseño de la molécula se procedió a abrir el *HYPERCHEM*. Después en la barra de los íconos se dio doble clic en el ícono de **DRAW** para que aparezca la tabla periódica, se seleccionó con doble clic los elementos de la tabla periódica a utilizar. Se realizó este proceso para la selección de los elementos cada que se quiera agregar algún elemento diferente al utilizado. Una vez dibujado en elementos la molécula se procedió a unirlos presionando el botón izquierdo del mouse y soltarlo hasta el otro elemento que se quiera unir. Así se realizó para la unión y formación de la molécula. En este punto no es necesario utilizar el hidrógeno.

Teniendo la molécula unida se procedió a agregar los hidrógenos, esto mediante la secuencia de **BUILD-ADD H & MODEL BUILD** localizados en la barra de menús, y los hidrógenos serán agregados automáticamente.

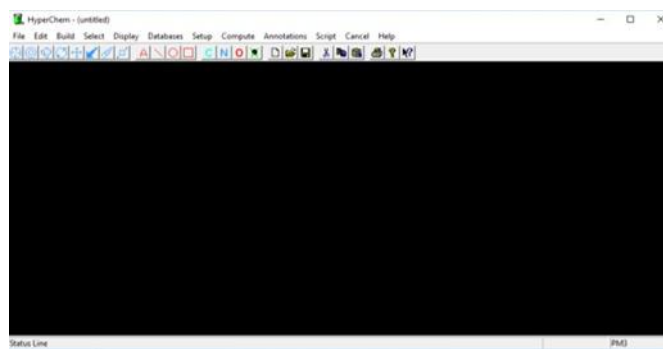


Figura 36: Pantalla de inicio de HyperChem

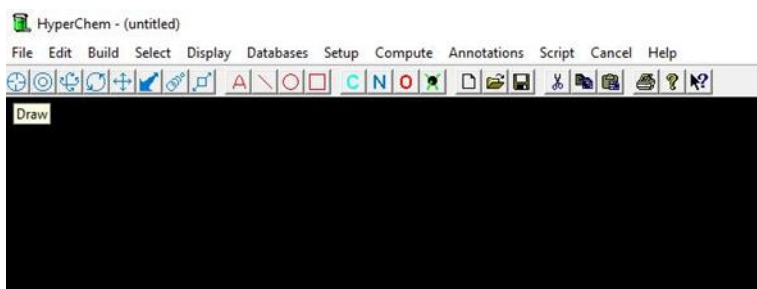


Figura 37: En la parte izquierda de la barra de menú está localizado el icono de DRAW

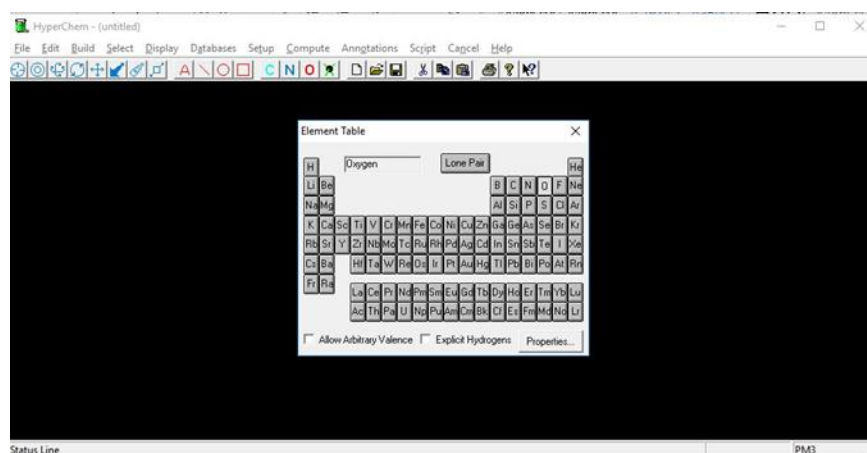


Figura 38: La tabla periódica aparecerá dando doble clic sobre el ícono de DRAW

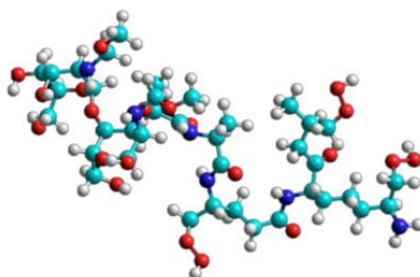


Figura 39: Molécula de la pared celular bacteriana con aminoácidos realizado en HyperChem

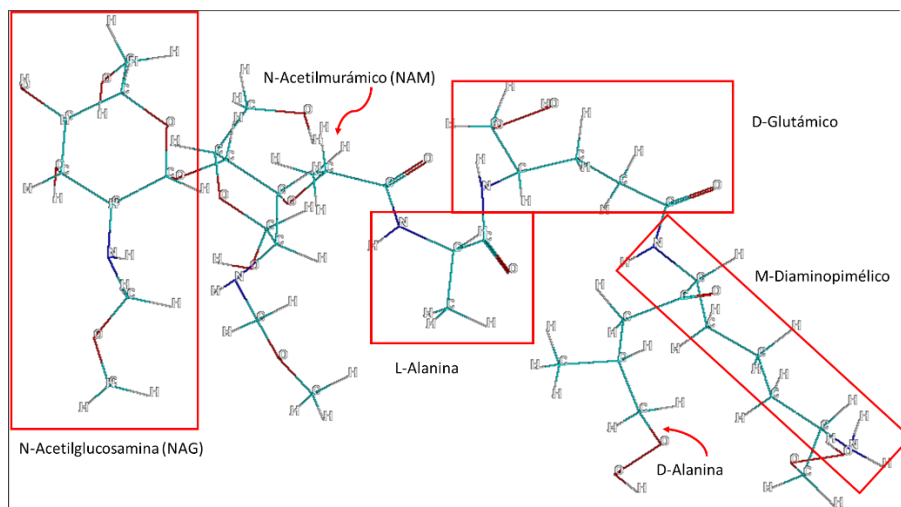


Figura 40: Visualización de la estructura de los aminoácidos de la molécula de la pared celular bacteriana



Figura 41: Molécula de silicio realizado en HyperChem

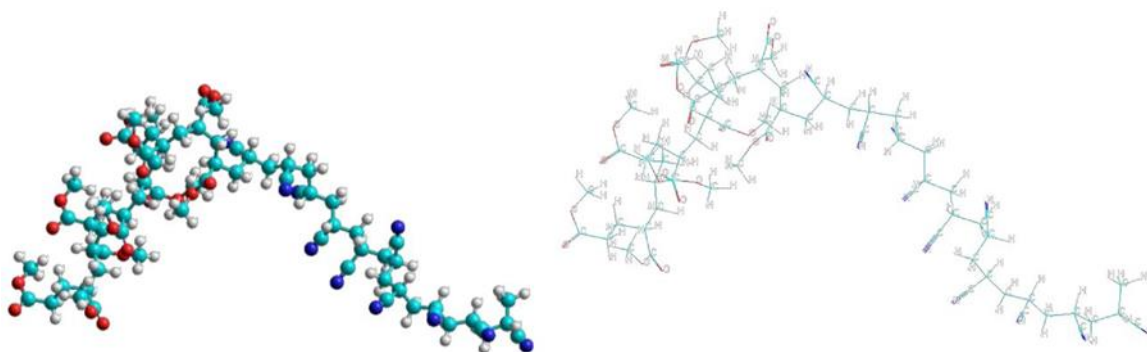


Figura 42: Molécula del compuesto 10 poliacrilonitrilo-metilacrilato realizado en HyperChem

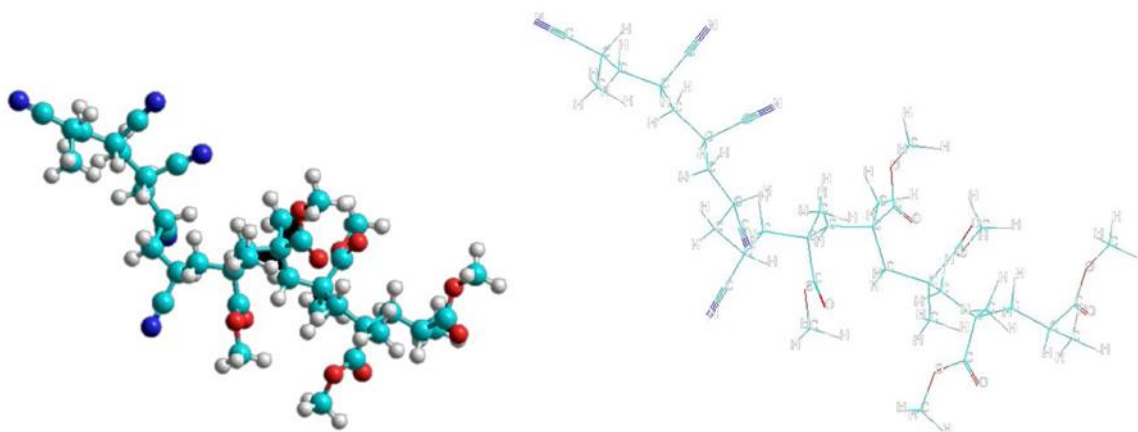


Figura 43: Molécula del compuesto 5 poliacrilonitrilo-metilmetacrilato realizado en HyperChem

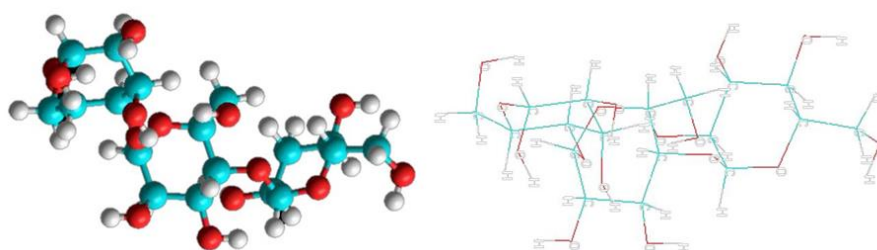


Figura 44: Molécula del compuesto 3 celulosa realizado en HyperChem

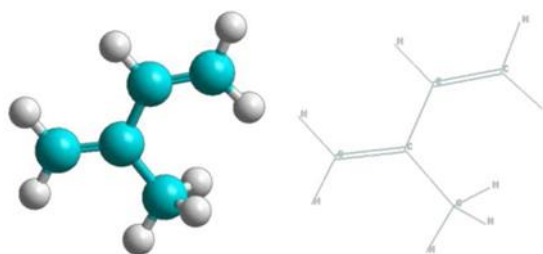


Figura 45: Molécula del látex realizado en HyperChem

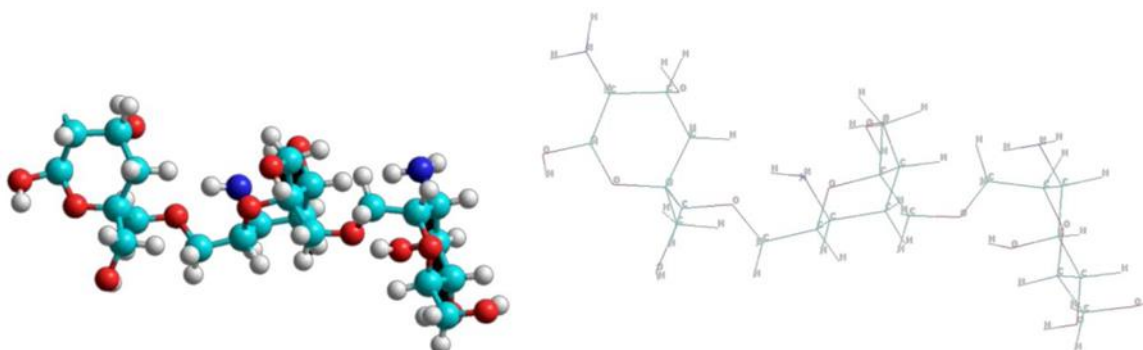


Figura 46: Molécula del quitosano realizado en HyperChem

Una vez construida las moléculas con los hidrógenos procederemos a geometrizar cada molécula, esto mediante la secuencia **COMPUTE-GEOMETRY OPTIMIZATION**, dentro de la ventana se seleccionará por default la opción **POLAK-RIBIERE** (gradiente conjugado) en un valor de 0.1 kcal/(Armstrong mol) y por default el valor de ciclos máximo. Se esperará a que el software termine de realizar el proceso. Realizada la geometrización podremos obtener los valores del band gap (BG).

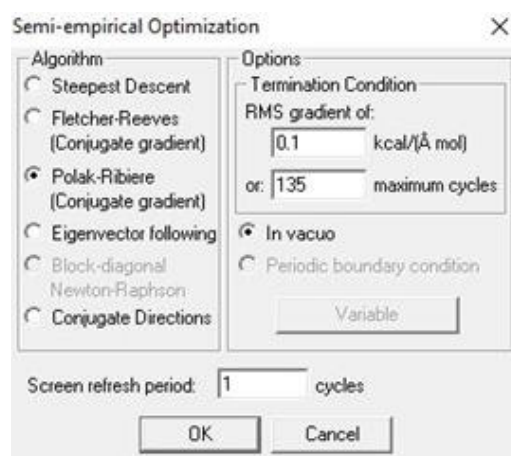


Figura 47: Ventana de GEOMETRY OPTIMIZATION. Se dejará los valores por default para un mejor proceso y se dará OK para iniciar. Una vez terminada la geometrización se procede a obtener los cálculos de HOMO y LUMO.

Para los valores de HOMO y LUMO del band gap (BG) realizaremos la secuencia **COMPUTE-ORBITALS**. En la ventana seleccionamos la opción de *HOMO* y se cambiará el valor a cero (0) y se anotará manualmente el valor que arroje en el recuadro de **ENERGY** en electronvoltios (eV), lo mismo se realizará para la opción de *LUMO* y se dará aceptar. Se visualizará en la molécula la ubicación de los electrones.

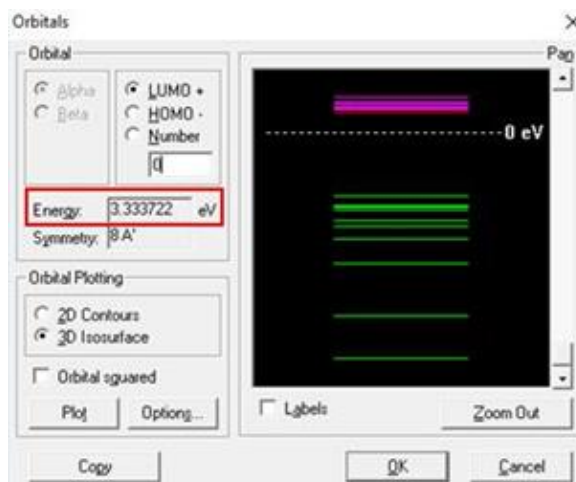


Figura 48: Ventana de ORBITALS

Para obtener los valores de e^- y e^+ volveremos a iniciar la secuencia de geometrizar la molécula para limpiarla de las cargas del proceso anterior. Una vez realizado el proceso se realizará la secuencia **COMPUTE-PLOT MOLECULAR GRAHPS**. En la pestaña de propiedades de la ventana seleccionamos la opción de **POTENCIAL ELECTROSTATICO** a una representación mapeada de 3D.

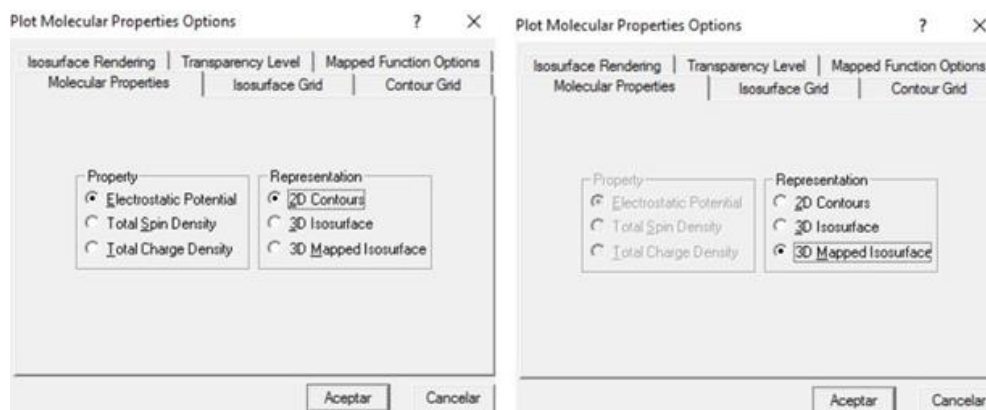


Figura 49: Ventana para la obtención del potencial electrostático

Daremos clic en la pestaña de **ISOSURFACE RENDERING** y escribiremos el valor de la carga de densidad que siempre y para todas las moléculas será de **0.015** (es el valor del contorno de la densidad de carga) y en la pestaña de **MAPPED FUNTION OPTIONS** seleccionaremos la opción de rojo a verde a azul para lograr una identificación más clara de los valores de e^- y e^+ , siendo de color rojo el e^- y de color azul el e^+ . Los colores quieren decir que el rojo es ácido y el azul la base. Donde esta lo azul son los electrones que va a ceder.

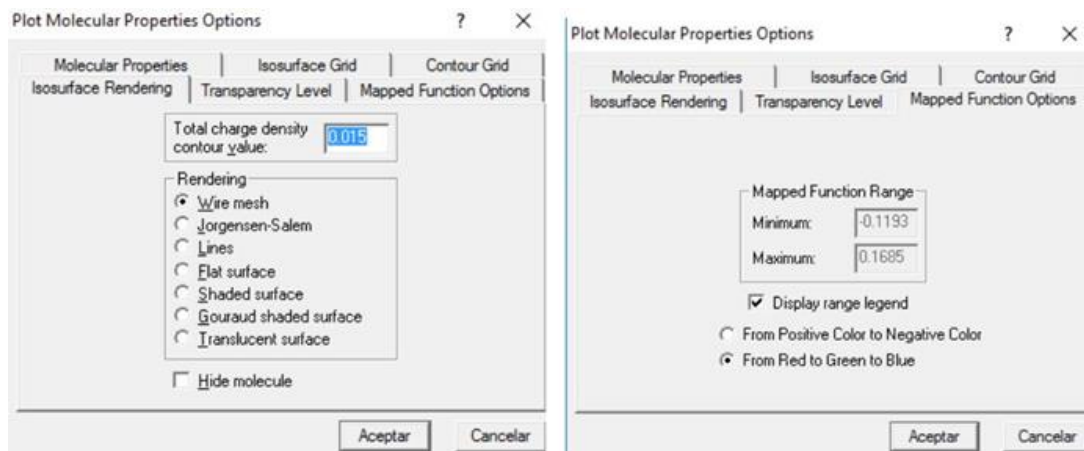


Figura 50: Valores de configuración para el potencial electrostático

Los valores de HOMO, LUMO, e- y e+ serán escritos en un archivo de Excel para su posterior cálculo. Éste proceso será el mismo para las moléculas a dibujar y simular.

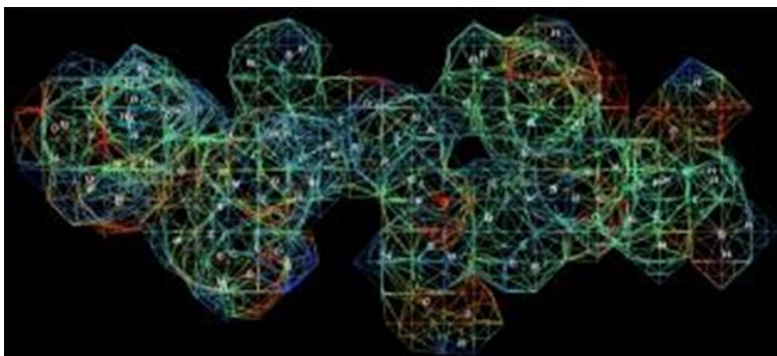


Figura 51: Energía Potencial de la Pared celular bacteriana.

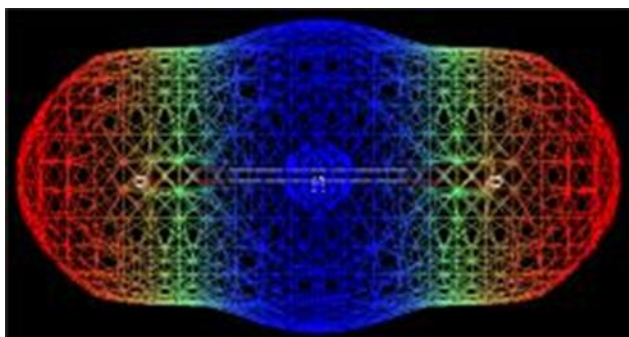


Figura 52: Energía Potencial del silicio. Si el silicio es oxidante va a aceptar electrones.

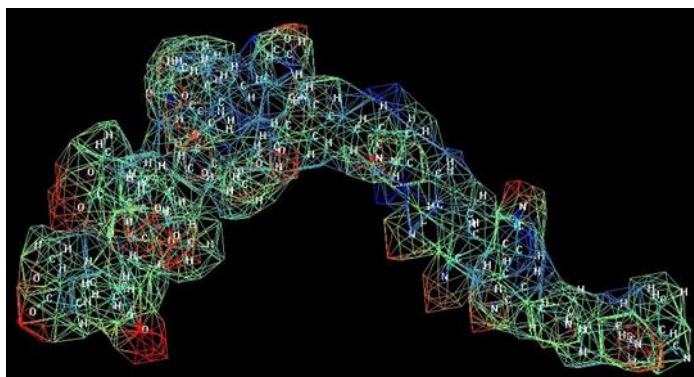


Figura 53: Energía Potencial de la molécula 10 poliacrilonitrilo-metilacrilato

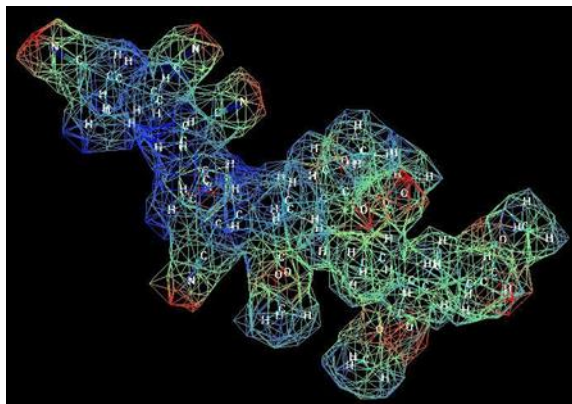


Figura 54: Energía Potencial de la molécula 5 poliacrilonitrilo-metilmetacrilato

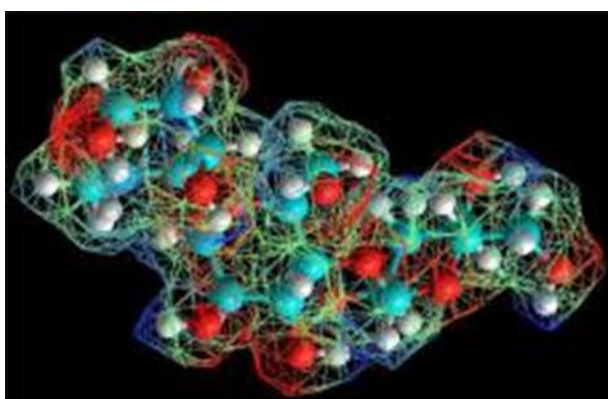


Figura 55: Energía Potencial de la molécula 3 celulosa

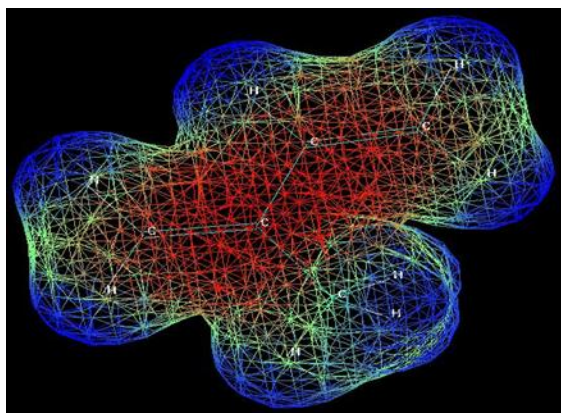


Figura 56: Energía Potencial del látex

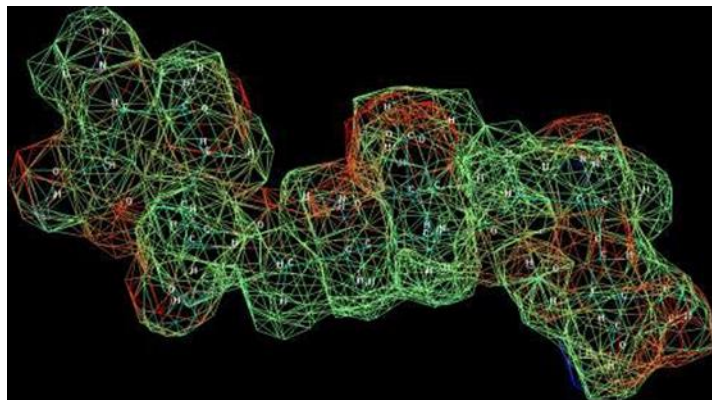


Figura 57: Energía Potencial del Quitosano

En la hoja de Excel colocaremos una tabla en donde se escribirán molécula, HOMO, LUMO, BG, e-, e+, EP y ETC en ese orden en las celdas para una mejor visualización. Se vaciará los datos obtenidos del HYPERCHEM a las celdas correspondientes. Para el cálculo del BG se utilizará la siguiente fórmula:

$$Ec. 2: \mathbf{BG} = |\mathbf{HOMO} - \mathbf{LUMO}|$$

En Excel se escribió en la celda correspondiente de la siguiente forma: =ABS (ValorCeldaHOMO-ValorCeldaLUMO).

Para el cálculo del EP se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ec. 3: \mathbf{EP} = |e^- - e^+|$$

En Excel se escribió en la celda correspondiente de la siguiente forma: =ABS (ValorCeldaE— ValorCeldaE+).

Para el cálculo del ETC se utilizará la siguiente fórmula:

$$Ec. 4: \mathbf{ETC} = |\mathbf{BG/EP}|$$

En Excel se escribirá en la celda correspondiente de la siguiente forma: =ABS (ValorCeldaBG/ValorCeldaEP). Se destaca que el llamado ValorCeldaHOMO, ValorCeldaE-, ValorCeldaLUMO, ValorCeldaE+, ValorCeldaBG y ValorCeldaEP indican las celdas en donde están colocados los valores del HOMO y LUMO.

Para éste trabajo los valores de nuestras moléculas a utilizar se describirán en la siguiente tabla:

Molécula	HOMO	LUMO	BG	E-	E+	EP	ETC
Pared Celular	C2	D2	=ABS(C2-D2)	F2	G2	=ABS(F2-G2)	=ABS(E2/H2)
Silicio	C3	D3	=ABS(C3-D3)	F3	G3	=ABS(F3-G3)	=ABS(E3/H3)
10 Acrilonitrilo-metilacrilato	C4	D4	=ABS(C4-D4)	F4	G4	=ABS(F4-G4)	=ABS(E4/H4)
5 Acrilonitrilo-metilmecrilato	C5	D5	=ABS(C5-D5)	F5	G5	=ABS(F5-G5)	=ABS(E5/H5)
3 Celulosa	C6	D6	=ABS(C6-D6)	F6	G6	=ABS(F6-G6)	=ABS(E6/H6)
Látex	C7	D7	=ABS(C7-D7)	F7	G7	=ABS(F7-G7)	=ABS(E7/H7)
Quitosano	C8	D8	=ABS(C8-D8)	F8	G8	=ABS(F8-G8)	=ABS(E8/H8)

Tabla 1: visualización del cálculo de BG, EP y ETC en Excel

Para establecer los límites de las gráficas, se colocará el ETC mayor del primer cálculo como límite superior y el ETC menor del primer cálculo como límite inferior de los compuestos a comparar.

Molécula	HOMO	LUMO	BG	e-	e+	EP	ETC
Pared Celular	-9.549	0.192	9.741	-0.096	0.202	0.298	32.68791946
Silicio	-10.17	0.225	10.395	-0.141	0.31	0.451	23.04878049
10 Acrilonitrilo-metilacrilato	-10.763	-0.21	10.558	-0.077	0.222	0.299	35.31103679
5 Acrilonitrilo-metilmecrilato	-10.744	0.392	11.136	-0.116	0.189	0.305	36.51147541
3 Celulosa	-10.725	1.418	12.143	-0.082	0.216	0.298	40.74832215
Látex	-9.351	0.278	9.629	-0.003	0.104	0.107	89.99065421
Quitosano	-9.726	1.662	11.388	-0.114	0.328	0.442	25.76470588

Tabla 2: Valores obtenidos de la simulación molecular en el HYPERCHEM de la PCB y de los compuestos que conforman los filtros HEPA graficados en Excel.

Capturada esta información se escribirá en otra tabla la banda cruzada. Para el cálculo de la banda cruzada se realizará el mismo procedimiento que el anterior, sólo que se tomará el HOMO y el e^- del primer compuesto y el LUMO y el e^+ del segundo compuesto. El nuevo BG será el cálculo del HOMO del primer compuesto con el LUMO del segundo compuesto, así mismo se realizará para el cálculo de EP y el ETC. El ETC menor de la banda cruzada será el valor que determinará que compuesto será más reactivo y servirá como datos que colocaremos en las gráficas de pozo cuántico.

BANDA CRUZADA							
ANTIOXIDANTE-OXIDANTE	HOMO	LUMO	BG	e-	e+	EP	ETC
Pared Celular – Silicio	-9.549	0.225	9.774	-0.096	0.31	0.406	24.073
Silicio - Pared Celular	-10.17	0.192	10.362	-0.141	0.202	0.343	30.209
Pared - 10 AMA	-9.549	-0.21	9.344	-0.096	0.222	0.318	29.383
10 AMA – Pared	-10.763	0.192	10.955	-0.077	0.202	0.279	39.265
Pared - 5 AMM	-9.549	0.392	9.941	-0.096	0.189	0.285	34.880

5 AMM – Pared	-10.744	0.192	10.936	-0.116	0.202	0.318	34.389
Pared - 3 celulosa	-9.549	1.418	10.967	-0.096	0.216	0.312	35.150
3 celulosa – Pared	-10.725	0.192	10.917	-0.082	0.202	0.284	38.440
Pared – látex	-9.549	0.278	9.827	-0.096	0.104	0.2	49.135
Látex – Pared	-9.351	0.192	9.543	-0.003	0.202	0.205	46.551
Pared - Quitosano	-9.549	1.662	11.211	-0.096	0.328	0.424	26.441
Quitosano - Pared	-9.726	0.192	9.918	-0.114	0.202	0.316	31.385

Tabla 3: Valores de banda cruzada.

3.2 Metodología experimental

Para el desarrollo de la prueba en el laboratorio de Biomédica de la universidad UPAEP se utilizó el siguiente material: campana de bioseguridad de extracción de gases de flujo laminar con luz ultravioleta marca *LUZEREN ECOSHEL* modelo 1000F (con características de velocidad de entrada de aire: 0.50 ± 0.025 m/s, volumen total de salida de aire: 845 m³/h, tipo de filtro: Filtro de carbón activado, Luz ultravioleta UV esterilizante de 20 W, un área de trabajo: 800 x 750 x 745 mm), balanza de precisión marca *OHAUS PIONEER* (con características de tamaño de plato de 12/18 cm con Capacidad de hasta 4100 gramos y una Precisión desde 0,001gramos), mecheros caseros, alcohol al 96%, vaso de precipitados de 500 ml, agua destilada, matraz de 500 ml, agitador de cristal, termómetro de mercurio, agitadores magnéticos, horno digital para secado de 35 litros marca *LUZEREN*, cajas Petri estériles, cubre bocas, guantes de látex, gasas, algodón, papel estroza, hisopos estériles, medio de cultivo deshidratado agar Müller Hinton de la marca *BD BIOXON* con referencia 211667 (presentación en polvo), parrilla calefactora con agitador magnético *THERMO SCIENTIFIC*, látex natural al 60% (látex natural centrifugado para la obtención del 60% de sólidos color blanco en envase de 5 kg) y un filtro comercial denominado HEPA (filtro HEPA para aspiradora marca *KOBLLENZ* con número JKU-53946241).

Para iniciar el proceso de elaboración del medio de cultivo se determinó trabajar con guantes de látex y cubre bocas para mantener un ambiente libre de contaminantes y evitar la contaminación del equipo de trabajo. Se procedió a lavar y secar previamente los materiales de cristalería con agua y alcohol (matraz, agitador de cristal, termómetro de mercurio). Una vez seco el material de cristal se colocó dentro de la campana de bioseguridad con luz UV por 5 minutos para su esterilización.

Para la realización del filtro de látex se procedió a tomar 80 ml de látex natural en un vaso de precipitados de 100 ml y se vaciaron 35 ml en tres cajas Petri con un grosor de 4 mm en cada caja Petri.

Para la preparación del medio de cultivo se siguieron las instrucciones del fabricante: se pesaron 4.75 g de agar Mueller Hinton con la balanza y se disolvió en 125 ml de agua destilada en un vaso de precipitados (esta relación fue encontrada por medio de la regla de tres simple y de acuerdo a las especificaciones de la etiqueta del medio nutritivo). Se precalentó la parrilla a 60°C con una agitación de 100, se elevó la temperatura con la ayuda de un termómetro de mercurio hasta alcanzar 120°C. Una vez caliente la parrilla se vertió el caldo en un matraz y se le agregó un agitador magnético para que al momento de calentarse realizara el movimiento de mezcla y evitar que el polvo del medio de cultivo se asentara. Se le agregó un capuchón de algodón con gasa y papel estraza para evitar la contaminación de la mezcla. Llegando a los 120°C se dejó hervir el caldo por un minuto y después del tiempo descrito se dejó enfriar a 45°C.

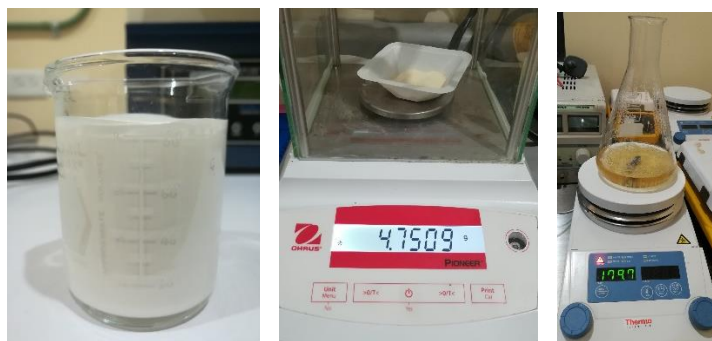


Figura 58: Látex y preparación del medio nutritivo

Una vez que el caldo se enfrió se vació en diferentes cajas Petri a un grosor de 4 mm en cada una en medio estéril (mecheros caseros en campana de bioseguridad). Se dejó el caldo en la campana de bioseguridad con luz UV por un periodo de 5 minutos para su esterilización y después se refrigeró para su conservación. El látex se dejó enfriar y solidificar en un periodo de 24 horas en ambiente normal (fuera de los mecheros).

El propósito de esterilizar los materiales por ese tiempo es para que resultados que se obtengan sean correctos ya que los microorganismos son vulnerables a la luz UV debido a la longitud de onda de absorción (240 a 280 nm) en el material genético del ADN dando un efecto biocida. El mecanismo de desinfección se basa en que las ondas de la luz UV forman dímeros de Pirimidina en el ADN de los microorganismos y virus; provocando cambios en su estructura, generando mutación y muerte de las células ^[86,87,88].



Figura 59: Esterilizado de agar y enfriamiento del látex

El proceso adecuado para la esterilización, de acuerdo a las instrucciones del agar, es por medio de esterilización por autoclave, la cual consiste en tapar el matraz con tapón de algodón y colocarlo a 120°C durante 15 minutos; esto para que el vapor de agua se difunda a través de las esporas bacterianas coagulando el protoplasma de los microorganismos. Se realizó por medio de luz UV por que el equipo de autoclave que se encuentra en el laboratorio de Biomédica de la universidad UPAEP está fuera de servicio por reparación.

Ya que el látex se encontraba frío se contaminó una muestra con tos y gripa (llamada Muestra 1), otra muestra se contaminó en una zona del laboratorio de Biomédica de la Universidad UPAEP (suelo) (Muestra 3) y la otra muestra se dejó como muestra control sólo látex (Muestra 2). Se procedió a realizar la siembra en un ambiente estéril (en campana y con mecheros) tallando con un hisopo estéril en la muestra 1 de látex y se realizó el proceso de estrías en una caja Petri con agar ya preparado, para la muestra 2 se realizó el mismo proceso de tallado con un hisopo estéril diferente y se realizó el proceso de estrías en otra caja Petri; para la muestra 3 se talló con otro hisopo estéril diferente la muestra contaminada por una zona del laboratorio de Biomédica de la Universidad UPAEP y se realizó el mismo proceso de estrías en otra caja Petri. Terminada la siembra se colocaron las cajas Petri en la estufa a 37°C por un periodo de 24 horas. Pasadas las 24 horas se procederá a la revisión de resultados. El tiempo de exposición que se utilizó para el sembrado de las colonias es lo que se recomienda en diversas literaturas investigadas, pudiendo ser un mayor tiempo de exposición en la estufa para una visualización de más colonias.

El material contaminado se procedió a llevarlo al encargado del laboratorio para su desecho catalogado como RPBI.

CAPITULO 4: RESULTADOS DISCUSIÓN

BANDA CRUZADA 1			
ETC Pared	ETC Silicio	BC Pared-Silicio	BC Silicio-Pared
32.6879195	23.0487805		
32.6879195	23.0487805	24.0738916	
32.6879195	23.0487805		
32.6879195	23.0487805		
32.6879195	23.0487805		30.2099125

Tabla 4: Valores de banda cruzada de la pared celular con el silicio

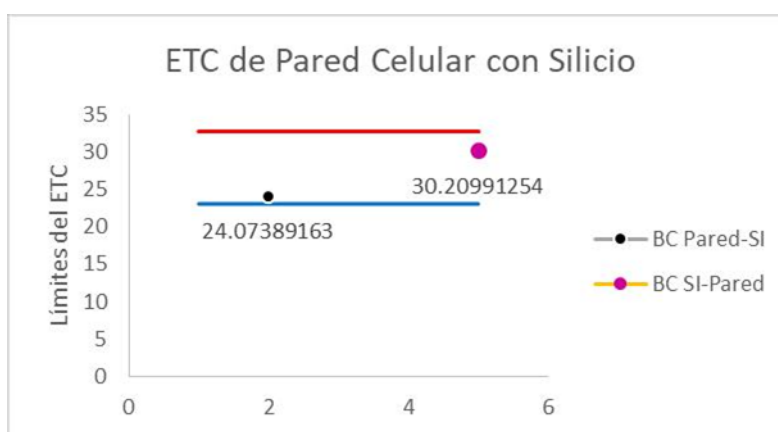


Figura 60: La PCB tiende a ser reductor y tiene probabilidad media de adherirse de acuerdo al pozo cuántico.

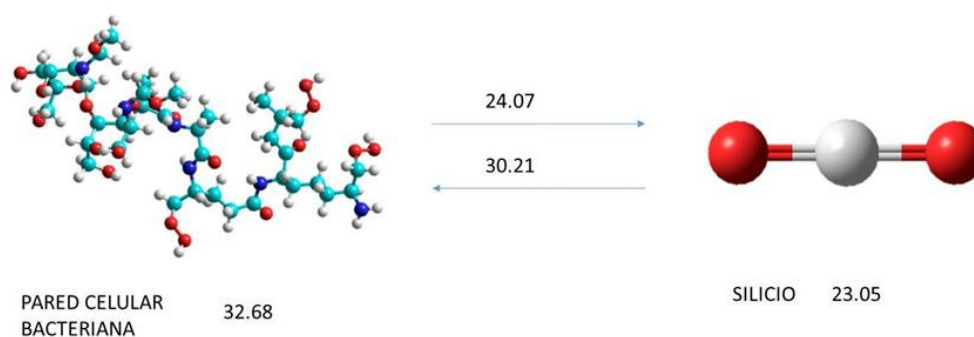


Figura 61: Representación molecular de la banda cruzada 1

BANDA CRUZADA 2			
ETC Pared	ETC 10 AMA	BC Pared-10 AMA	BC 10 AMA -Pared
32.6879195	35.3110368		
32.6879195	35.3110368	29.3836478	
32.6879195	35.3110368		
32.6879195	35.3110368		
32.6879195	35.3110368		39.265233

Tabla 5: Valores de banda cruzada de la pared celular con el poliacrilonitrilo-metilacrilato.

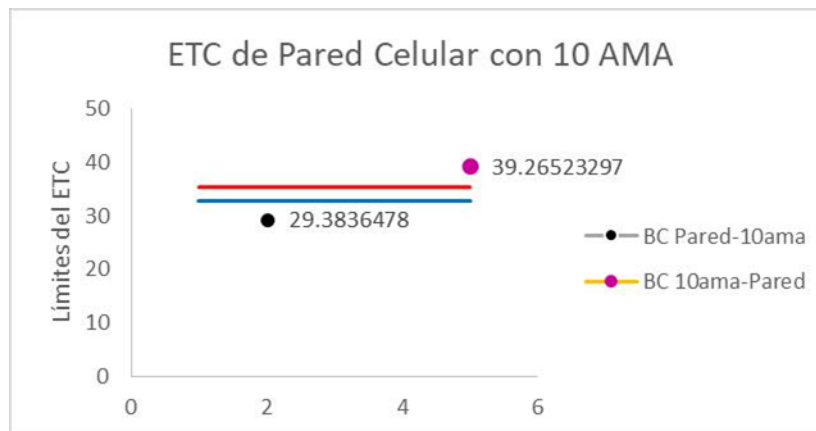


Figura 62: Resultado del ETC de la pared celular con el 10 poliacrilonitrilo-metilacrilato.

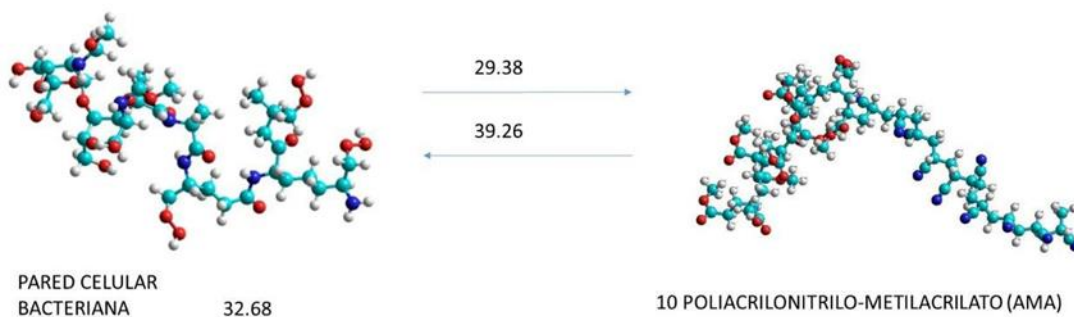


Figura 63: Representación molecular de la banda cruzada 2

BANDA CRUZADA 3			
ETC Pared	ETC 5 AMM	BC Pared-5 AMM	BC 5 AMM -Pared
32.6879195	36.5114754		
32.6879195	36.5114754	34.8807018	
32.6879195	36.5114754		
32.6879195	36.5114754		
32.6879195	36.5114754		34.3899371

Tabla 6: Valores de banda cruzada de la pared celular con el poliacrilonitrilo-metilmetacrilato

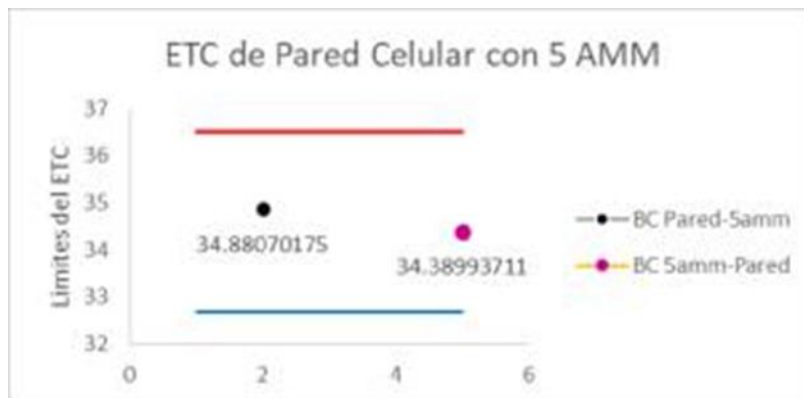


Figura 64: Resultado del ETC de la pared celular con el 5 poliacrilonitrilo-metilmetacrilato. Ambos compuestos tienen probabilidad media de adherencia de acuerdo al pozo cuántico.

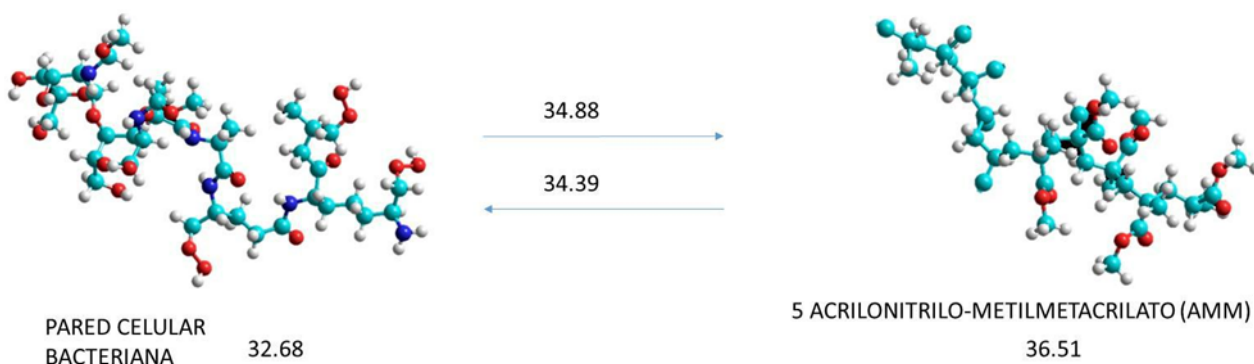


Figura 65: Representación molecular de la banda cruzada 3

BANDA CRUZADA 4			
ETC Pared	ETC 3 Celulosa	BC Pared-3 Cel	BC 3 Cel-Pared
32.6879195	40.7483221		
32.6879195	40.7483221	35.150641	
32.6879195	40.7483221		
32.6879195	40.7483221		
32.6879195	40.7483221		38.4401408

Tabla 7: Valores de banda cruzada de la pared celular con la Celulosa.

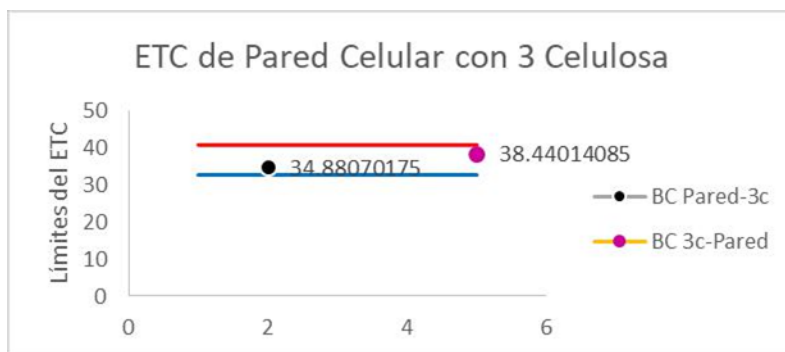


Figura 66: Resultado del ETC de la pared celular con el 3 celulosa. La PCB tiende a ser reductor y adherirse por acercarse al límite inferior.

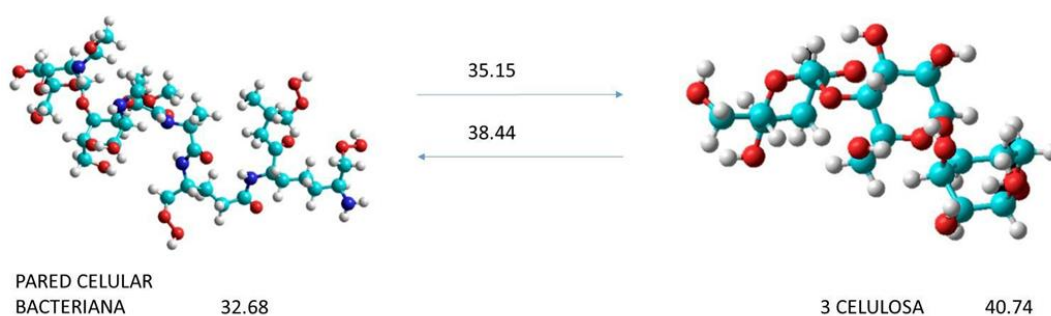


Figura 67: Representación molecular de la banda cruzada 4

BANDA CRUZADA 5			
ETC Pared	ETC Látex	BC Pared-Látex	BC Látex-Pared
32.6879195	89.9906542		
32.6879195	89.9906542	49.135	
32.6879195	89.9906542		
32.6879195	89.9906542		
32.6879195	89.9906542		46.5512195

Tabla 8: Valores de banda cruzada de la pared celular con el Látex.

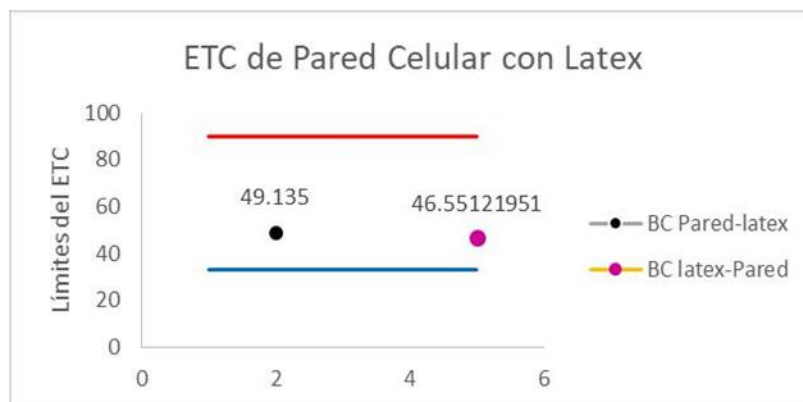


Figura 68: Resultado del ETC de la pared celular con el látex. Por mantenerse ambos compuestos en el rango del límite del pozo, dependerá de las condiciones externas para conocer cual compuesto es el que tiene mayor probabilidad de adherencia.

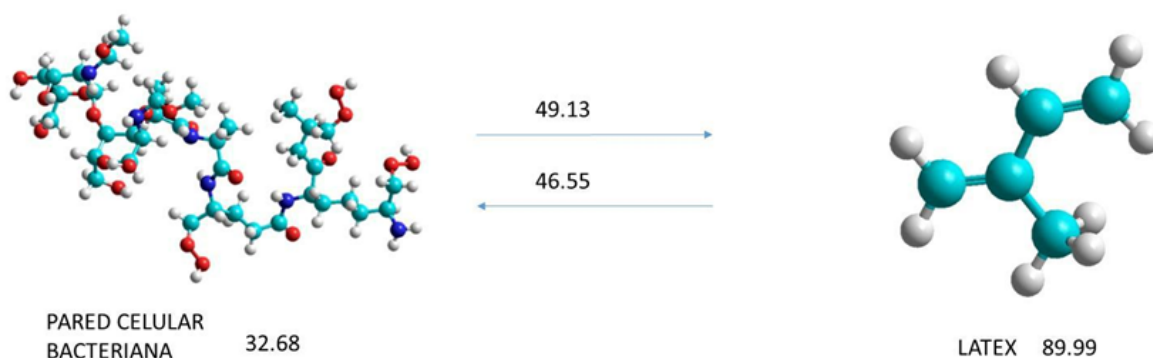


Figura 69: Representación molecular de la banda cruzada 5

BANDA CRUZADA 6			
ETC Pared	ETC Quitosano	BC Pared-Qts	BC Qts-Pared
32.6879195	25.7647059		
32.6879195	25.7647059	26.4410377	
32.6879195	25.7647059		
32.6879195	25.7647059		
32.6879195	25.7647059		31.3860759

Tabla 9: Valores de banda cruzada de la pared celular con el Quitosano.

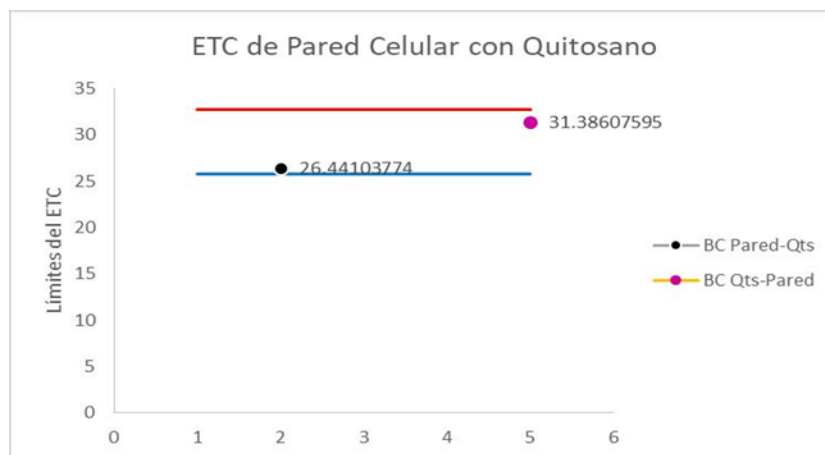


Figura 70: Resultado del ETC de la pared celular con el quitosano. La PCB tiende a ser reductor y adherirse por acercarse al límite inferior.

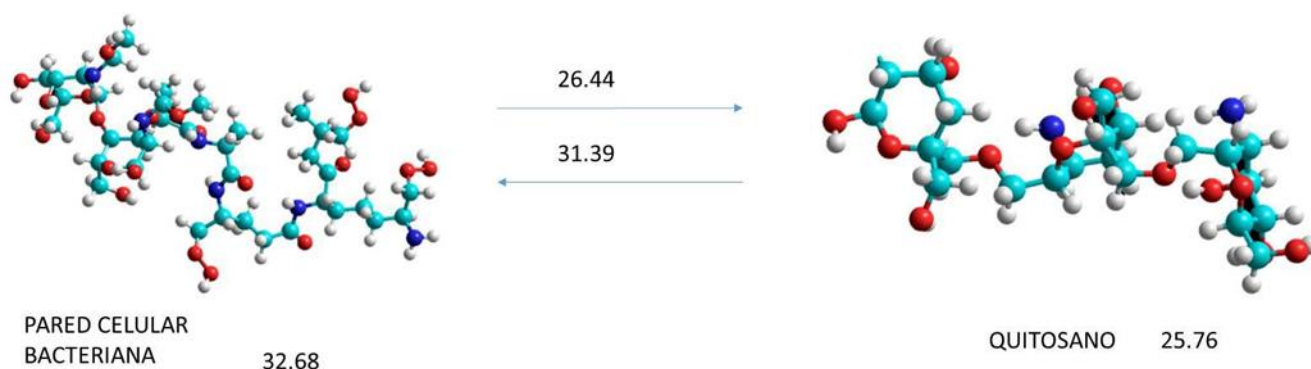


Figura 71: Representación molecular de la banda cruzada 6

En la figura 60, figura 66 y figura 70 se puede discutir que la PCB tiende a reaccionar adhiriéndose a los compuestos, ya que sus valores de ETC obtenidos de la banda cruzada se encuentran cerca del límite inferior del pozo cuántico (acercándose más a una alta probabilidad de transferencia de electrones) concluyendo que la PCB actúa como agente reductor, esto es que la PCB será quien transfiera electrones.

En la figura 64 y figura 68 se puede analizar que por mantenerse ambos compuestos en el rango medio del límite del pozo cuántico ambos tienen la misma probabilidad de transferir electrones o de lograr una reacción química.

En la figura 62 se puede analizar que el valor del ETC obtenido de la banda cruzada se encuentra en la probabilidad alta de transferir electrones, queriendo decir que la PCB actúa como agente reductor, donando sus electrones.

Para la muestra en látex se encontró que en la muestra 1 que fue contaminada con tos y gripa de un compañero que se encontraba enfermo se observaron colonias de agentes microbianos; de acuerdo con lo obtenido en el pozo cuántico el coeficiente de transferencia del látex permite que el material tenga una probabilidad de lograr una reacción química y lograr una transferencia de electrones.

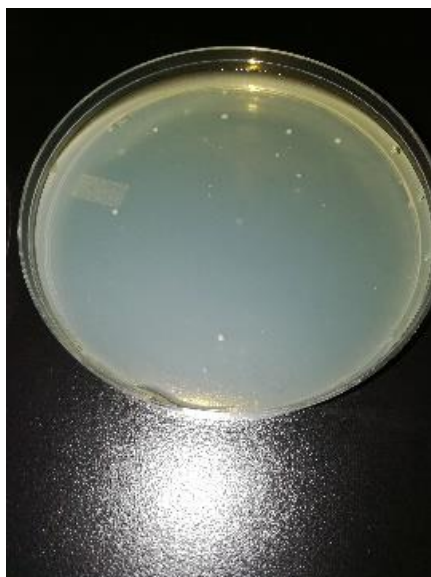


Figura 72: Resultado de la muestra

Coincidiendo los resultados obtenidos del estudio cuántico por simulación y la prueba experimental en el laboratorio de la universidad se puede decir que la teoría de transferencia electrónica de carga es una excelente herramienta para imitar, simular y controlar un sistema molecular observando una visualización microscópica aproximada de las reacciones entre moléculas sin afectaciones a la salud (manipulación del ambiente de un paciente) y a bajo costo.

Las aplicaciones que tiene ésta teoría puede ser aplicada para el diseño de nuevos materiales, biología, matemáticas, problemas en física de altas energías, cosmología, física atómica, física nuclear, diseño de nuevos fármacos, transporte, construcción, sensores, prótesis, etc.

Una desventaja por las cuales la divulgación de la teoría de transferencia electrónica de carga es vaga es por la limitación computacional que requieren los simuladores; ya que para analizar, simular y procesar moléculas pequeñas podría tomar segundos si se utiliza una computadora convencional, pero realizarlo a moléculas más grandes y con exactitud podría llevarse mucho tiempo.

CAPITULO 5: TRABAJO A FUTURO

Para continuar con el estudio de forma más específica se propone realizar pruebas de microbiología con agar sangre para la detección de colonias. Se propone éste tipo de medio nutritivo por que pueden proliferar agentes microbianos Gram+ como Gram-, teniendo en consideración que puede ser cualquier medio nutritivo: agar MacConkey o agar Chocolate para bacterias Gram- específicamente. También se propone que la inoculación de la siembra sea realizada por asas bacteriológicas en lugar de hisopos estériles para un mejor resultado en el medio nutritivo.

Se propone contaminar un filtro comercial tipo HEPA, sembrar en cajas Petri con agar sangre (por generalizar el avistamiento de cualquier bacteria), dejarlo proliferar y contar las colonias que se generan así como la determinación del tipo de colonias mediante un conteo bacteriano por medio de microscopio o por un antibiograma (prueba de alta precisión de detección de bacterias que se realiza por medio de resiembra).

Se propone también que los desechos sean embolsados, etiquetados y entregados al encargado del laboratorio para su correcto desecho en los contenedores correspondientes.

El conteo de colonias y el antibiograma beneficiarían al proyecto para darle a conocer al Ingeniero Biomédico, por medio del departamento de Bacteriología de la unidad hospitalaria en cuestión, que tan contaminado está el ambiente de agentes microbianos y que tipo de agentes microbianos se encuentran en el ambiente y así proponer, en conjunto con el departamento de Mantenimiento, una solución a la mejora del ambiente del paciente para la reducción de la proliferación de éstos microorganismos, ya sea proponiendo una mejora en el sistema de filtrado, en la adquisición de mejores filtros de alta eficiencia o en la realización de un protocolo de desinfección. En estudios como de orina o algún otro cultivo el conteo de bacterias le brinda al médico una información para realizar un mejor diagnóstico y determinación del tipo de tratamiento que el paciente requiere, ya que son reportados al médico como parte del estudio catalogados como bacterias abundantes, bacterias moderadas y bacterias escasas.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados realizados por química cuántica en el software se observa que mientras más cerca se encuentre el valor del ETC de la banda cruzada sobre el límite inferior ese compuesto será el mejor a actuar como oxidante, ya que se busca que la pared celular bacteriana sea la que actúe como un agente reductor (que done electrones) para lograr su adherencia a los compuestos. De acuerdo a esto el compuesto que mejor funciona como oxidante respecto a la pared celular bacteriana es el silicio, por obtener el valor más pequeño de ETC en su banda cruzada.

Los valores menores realizados en banda cruzada del ETC nos indican que son los compuestos mejor reaccionantes. De acuerdo a éste valor menor en las bandas cruzadas del ETC los compuestos que mejor funcionan como oxidantes son el Silicio (24.073), el Quitosano (26.441), el Poliacrilonitrilo-metilacrilato (29.383) y la Celulosa (35.150). La pared celular bacteriana, por lo tanto, es más probable de reaccionar adhiriéndose a éstos compuestos siempre que trabaje como reductor o antioxidante, confirmando lo descrito en la literatura sobre la efectividad de los filtros de alta eficiencia sobre estos materiales.

En el laboratorio se observa que la pared celular se adhiere (reaccionó) al látex y de acuerdo al software era lo que se esperaba.

Comprobando el impacto favorable que tienen los filtros de aire de alta eficiencia para la retención de partículas y agentes bacterianos las unidades hospitalarias (en general) deberían de poner más atención a la importancia del uso de filtros en sus sistemas de ventilación, ya que se comprueba en este trabajo que la pared bacteriana es adherida al material de la malla del filtro y por lo tanto podría ayudar en la reducción de la proliferación de agentes bacterianos en los pacientes, mejoraría el ambiente que circula por el paciente y así mismo reduciría gastos de estancia. Concluyendo (cuánticamente) que los filtros elaborados con mayores capas de silicio o de fibras de vidrio serán los mejores para la adherencia de la pared celular bacteriana mejorando el ambiente de agentes bacterianos, ya que estas bacterias no proliferan a falta de agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Salud, Organización Mundial de la. Organización Mundial de la Salud. [En línea] <http://www.who.int/gpsc/background/es/>.
2. Salud, Secretaria de. Secretaria de Salud. [En línea] Noviembre de 2011. http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/estudios_especiales/NOSOCOMIAL_IF.pdf.
3. PRIETO, PATRICIA. La opinion. [En línea] Abril de 2015. <https://laopinion.com/2015/04/23/purificadores-de-aire/>.
4. AMERICAN COLLEGE OF ALLERGY, ASTHA AND IMMUNOLOGY. [En línea] <HTTP://ACAAI.ORG/RESOURCES/CONNECT/ASKALLERGIST/USE-AIR-PURIFIERS-ASTHMA-CONTROL>.
5. *Eficacia de un purificador de aire con filtro HEPA en el control ambiental domiciliario*. Boquete, M. 4, 1997, Fundación SEAIC - Rev. Esp. Alergol Inmunol Clín, Vol. 14.
6. INEGI. INEGI. [En línea] <HTTP://WWW3.INEGI.ORG.MX/SISTEMAS/SISEPT/DEFAULT.ASPX?T=MDEMO107&S=EST&C>.
7. INEGI. [En línea] HTTP://WWW.INEGI.ORG.MX/LIB/OLAP/CONSULTA/GENERAL_VER4/MDXQUE RYDATOS.ASP?#REGRESO&C=33422.
8. EPIDEMIOLOGIA, DIRECCION GENERAL DE. Secretaría de Salud. [En línea] http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2015/morbilidad/%20nacional/veinte_principal es_causas_enfermedad_nacional_mes.
9. Secretaria de Salud Hidalgo. [En línea] 2014. <http://transparencia.hidalgo.gob.mx/descargables/ENTIDADES/ServSaludH/contratos/53-2014.pdf>.
Clínica. [En línea] 2010. <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia37.pdf>.
<DE-INTERES/71EQUIPOSHOSPITALGRALDEMEXICO.HTML>.
10. Sanitizador de aire. [En línea] <HTTP://SANITIZADORDEAIRE.COM.MX/ARTICULOS->
11. *Visión actualizada de las infecciones intrahospitalarias*. Hernández, Rafael Nodarse. 3, 2002, Revista Cubana de Medicina Militar, Vol. 31.

12. UNEFM, Microbiología Ambiental. Microbiología Ambiental UNEFM. [En línea] <https://sites.google.com/site/microbiologiaambientalunefm/curso-de-microbiologia-ambiental-i-2010-2011/unidad-i/la-microbiologia-como-ciencia>.

13. *La microbiología sanitaria: Elemento fundamental en las acciones de salud pública*. Zúñiga EA, Tejeda TF, Concha VF, Heredia RN. 2, 2006, Revista Latinoamericana de Microbiología, Vol. 48.

14. Definición. [En línea] <https://definicion.de/bacteria/>.

15. E., DRA. EVANGELINA OLIVAS. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. *Departamento de ciencias químico biológicas*. [En línea] 2012. <http://bivir.uacj.mx/Reserva/Documentos/rva2011296.pdf>.

16. tipos, 10. 10 tipos. [En línea] <http://10tipos.com/tipos-de-bacterias/>.

17. VIX. VIX. [En línea] <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/06/30/clasificacion-de-las-bacterias-segun-su-forma>.

18. [En línea] <http://www.biologia.edu.ar/bacterias/micro4.htm>.

19. Granada, Universidad de. Universidad de Granada. [En línea] <https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/05pared.htm>.

20. Mañas, Juan Manuel González. Universidad del País Vasco. *Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad del País Vasco*. [En línea] <http://www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar35b.htm>.

21. Raisman, Dr. Jorge S. Biblioteca Virtual Universal. [En línea] 2000. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/hipertextos%20de%20biologia/micro4.htm>.

22. Murray Patrick R, Rosenthal Ken S, & Pfaüer Michael A. Microbiología Médica, Elsevier Inc, Madrid 2005. Ediciones 2012-15-17

23. *Difference Between Gram Positive and Gram negative Bacteria*. Panawala, Lakna. Australia : s.n., 2017, PEDIAA.

24. Heisenberg. Ciencia para la vida. [En línea] Junio de 2013. <http://scienceforlife.altervista.org/blog/batteri-peptidoglicano-nei-gram-positivi-e-negativi/>.

25. Martí, Consuelo Ibáñez. Salud Pública y algo más. [En línea] Julio de 2008. http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2008/07/23/97377.

26. Saber de Ciencia. [En línea] <https://www.saberdeciencias.com/apuntes-de-microbiologia/141-microbiologia-bacterias-forma-y-tamano>.

27. *Infecciones Intrahospitalarias: Agentes, Manejo Actual y Prevención*. Montoya, Luis Humberto Pérez. 2, Bolivia: s.n., 2010, Revista Científica Ciencia Médica, Vol. 13.
28. Lira, Lucía Bailón. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] 2003. http://www.academia.edu/4858992/Atlas_de_pruebas_bioquimicas_para_identificar_bacterias.
29. Olmos, Ana Fernández. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología
30. Association, American Public Health. *Standard Methods for the Examination of Water and Sewage*. [ed.] 1920 American public health association. Universidad de Harvard: s.n., 2008.
31. Lab, Britania. Britania. [En línea] <http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/muellerhintonagar.htm>.
32. Britania. [En línea] <http://www.britanialab.com.ar/esp/productos/b02/sangreagarbase.htm>.
33. *Hair Sheep Blood, Citrated or Defibrinated, Fulfills All Requirements of Blood Agar for Diagnostic Microbiology Laboratory Tests*. Yeh, Ellen. 7, 2009, Plos One, Vol. 4.
34. *As a Bacterial Culture Medium, Citrated Sheep Blood Agar Is a Practical Alternative to Citrated Human Blood Agar in Laboratories of Developing Countries*. Russell, F. M. 9, 2006, JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY, Vol. 44.
35. *Preparation of the Blood-Enriched Agar with the Use of Red Cell Suspension*. MAGBOJOS, CARINA R. 1, 2011, Asian Journal of Health Clinical Research Section, Vol. 1.
36. WayBack Machine. [En línea] Noviembre de 2014. <http://medic.med.uth.tmc.edu/path/macconk.htm>.
37. Rugama, Flavia Andino. Universidad Nacional de Ingeniería. [En línea] <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentacion-clase-4.pdf>.
38. Gobernación, Secretaría de. Diario Oficial de la Federación. [En línea] Junio de 2015. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015.
39. Gobernación, Secretaria de. Diario Oficial de la Federación. [En línea] 1996. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/143ssa15.html>.
40. Normalización, Asociación Española de. AENOR. *Asociación Española de Normalización*. [En línea] <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045515#.Wl0y-qiWbIU>.

41. *INFECCIÓN NOSOCOMIAL*. Medina, Huníades Urbina. 3, Julio-Septiembre de 2001, ARCHIVOS VENEZOLANOS DE PUERICULTURA Y PEDIATRÍA, Vol. 64.
42. *PLAN PARA EL AUTO-CUIDADO DE LA SEGURIDAD DEL PACIENTE*. Conde-Mercado, José Manuel. 2, México: s.n., Abril - Junio de 2010, CONAMED, Vol. 15.
43. *LAS INFECCIONES HOSPITALARIAS AUMENTAN EL RIESGO DE MUERTE DE LOS PACIENTES*. UNAM. México: s.n., Marzo de 2015, Boletín UNAM.
44. *medicinas, Salud y. Salud y medicinas*. [En línea] Agosto de 2011. <http://www.saludymedicinas.com.mx/CENTROS-DE-SALUD/ASMA-YEPOC/ARTICULOS-RELACIONADOS/INFECCIONESINTRAHOSPITALARIAS.HTML>.
45. *Infecciones adquiridas en los hospitales ¿cuánto cuestan y cómo se calcula?* Nava, Rocío Arreguín. 9, México: s.n., Septiembre de 2011, Revista Digital Universitaria UNAM, Vol. 13.
46. *Caracterización clínica de pacientes con neumonía nosocomial en las unidades de atención al grave*. Viera, Nelson Gómez. 4, Cuba: s.n., 2007, Revista Cubana Medica, Vol. 46.
47. *Salud, Organismo Mundial de la*. [En línea] http://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf.
48. *Wikiland*. [En línea] HTTP://WWW.WIKIWAND.COM/ES/INFECCI%C3%B3N_NOSOCOMIAL.
49. *CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting*. Horan, Teresa C. 5, 2008, American Journal of Infection Control, Vol. 36.
50. *Infecciones intrahospitalarias por bacterias gram-negativas*. Peleg, Dres. Anton Y. 2010, INTRAMED, Vol. 362.
51. *Hospital, El. El Hospital*. [En línea] Julio de 2004. <http://www.elhospital.com/temas/Infecciones-intrahospitalarias-en-America-Latina+8032225?pagina=5>.
52. *Catalano, Mariana. FACULTAD DE MEDICIA DE BUENOS AIRES*. [En línea] [http://www.fmed.uba.ar/depto/microbiologia/Te%C3%B3rico%2019%20Microbiolog%C3%ADa%2020\(texto\).pdf](http://www.fmed.uba.ar/depto/microbiologia/Te%C3%B3rico%2019%20Microbiolog%C3%ADa%2020(texto).pdf).
53. *Infección intrahospitalaria. Su comportamiento en la provincia de Camagüey en el período de 1994-2007*. Heredia, Odalys Rodríguez. Cuba: s.n., 2007.
54. *Costo de la infección nosocomial en nueve países de América Latina*. Salvatierra-González, Roxane. 2003, Organización Panamericana de la Salud.

55. *Aislamiento de bacterias del ambiente y superficies, resistentes a antibióticos y antisépticos, del Hospital General de la SSA de Jojutla Morelos, México.* Barrios-Casarrubias, Aída. México: s.n., 2007, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal - Bioquímica, Vol. 32.
56. *The epidemiology of antimicrobial resistance in hospital acquired infections: problems and possible solutions.* Struelens, Marc J. Septiembre de 1988, National Center for Biotechnology Information.
57. Mendoza, Matilde Camacho. Universidad de San Pedro. *Facultad de Ciencias Médicas.* [En línea] <https://es.slideshare.net/matildecamachomendoza/bioseguridad-intrahospitalaria>.
58. Gobernación, Secretaría de. Diario Oficial de la Federación. [En línea] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5120943&fecha=20/11/2009.
59. VIGILANCIA, RED HOSPITALARIA DE. DIRECCION GENERAL DE EPIDEMIOLOGIA. [En línea] <http://www.rhove.gob.mx/>.
60. Salud, Secretaría de. Campaña Mundial de la OMS "Salve Vidas, Lávese las Manos". *Dirección General de Calidad y Educación en Salud (DGCEs).* [En línea] <https://www.gob.mx/salud/articulos/campana-mundial-de-la-oms-salve-vidas-lavese-las-manos>.
61. Ambientalista. Contaminación Ambiental. [En línea] <https://contaminacionambiental.net/contaminacion-hospitalaria/>.
62. *Aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación hospitalaria.* L. Sandoval-Flores, Universidad Autónoma del Estado de México. 1, 2016, Revista de Medicina e Investigación, Vol. 4.
63. SPIRO, THOMAS G. y STIGLIANI, WILLIAM. *Química Medioambiental.* S.l.: PEARSON EDUCACION, 2003.
64. Ecologistas en acción. [En línea] Septiembre de 2008. <https://www.ecologistasenaccion.org/article17842.html>.
65. *Consideraciones sobre el diseño de salas blancas.* Magán, R. 1999, Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones.
66. Air Quality de México. [En línea] Abril de 2016. <http://www.aqdemexico.com/CUARTO-LIMPIO/>.
67. Arquitectos Especializados del Noroeste. [En línea] <https://aen.mx/sobre-los-tipos-y-clases-de-cuartos-limpios/>.
68. Abaco. [En línea] http://abaco.com.co/cuartos_limpios.html.

69. International Organization for Standardization. [En línea] <https://www.iso.org/standard/53393.html>.
70. Beckman Coulter. [En línea] <https://www.beckman.com/resources/industry-standards/iso-14644-1>.
71. HVACR, Mundo. Mundo HVACR. [En línea] <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2014/10/control-de-particulas-en-sistemas-de-ventilacion/>.
72. Ambiente Vital. [En línea] <http://www.ambientevital.cl/porque/objetivo.html>.
73. PSA. [En línea] <http://www.psa.com.ar/productos/purificadores-de-aire/purificador-de-aire-psa#.WiKO9EqWbIU>.
74. The Polymer Science Learning Center. [En línea] <http://www.pslc.ws/spanish/pan.htm>.
75. Plásticos, Tecnología de los. Tecnología de los Plásticos. [En línea] Junio de 2011. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/poliacrilonitrilo.html>.
76. La Catoire Fantasque. [En línea] <https://catoire-fantasque.be/glucose/>.
77. Dreamstime. [En línea] <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photography-structural-formula-cellulose-polymer-chemical-d-illustration-vector-isolated-white-image40390927>.
78. La guía química. [En línea] <https://quimica.laguia2000.com/general/latex-2>.
79. QuitoQuímica. [En línea] <http://www.quitoquimica.cl/que-es-el-quitosano/>.
80. Sonora, Universidad de. Biblioteca Digital. [En línea] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19407/capitulo2.pdf>.
81. *Efecto antimicrobiano del quitosano: una revisión de la literatura*. Valencia, Germán Ayala. 2, 2015, Scientia Agoalimentaria.
82. *Utilización de filtros bacterianos/virales durante la ventilación mecánica invasiva*. Sebastián Fredes, Emiliano Gogniat, Gustavo Plotnikow. Argentina : s.n., 2013, Comité de Neumonología Crítica, Capítulo de Kinesiología Crítica.
83. González, Óscar Gálvez. IEM. *Instituto de Estructura de la Materia*. [En línea] <http://www.iem.cfmac.csic.es/semanaciencia/semanaciencia12/semciencia12-Galvezcuantica.pdf>.

84. *Quantum Theory of the Electron Transfer Coefficient*. Gonzalez-Perez, Manuel. 10, Puebla : s.n., 2017, International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS), Vol. 3

85. *QUANTIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF NICOTINE ON NEUROTRANSMITTERS*. Flores-González, Lillhian Arely. México: s.n., 2017, World Journal of Pharmaceutical Research.

86. Hernández, Universidad Miguel. Universidad Miguel Hernández . *Universidad Miguel Hernández* . [En línea] <https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/practicas-de-microbiologia/indice/esterilizacion-desinfeccion-y-antisepsis/ultravioleta>.

87. *RADIACIÓN ULTRAVIOLETA*. Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental.

88. *Luz ultravioleta germicida y control de microorganismos ambientales en hospitales*. C, Juan Paulo Sánchez. 1, Costa Rica : s.n., 2012, Librería Electrónica Científica SciELO, Vol. 21.

ANEXO

Artículo: “Quantic Analysis of the Adherence of a GramNegative Bacteria in A HEPA Filter”

Artículo publicado en Diciembre del 2017 con ISSN: 2454-1311 por la revista *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)* volumen 3, número 12. <https://dx.doi.org/10.24001/ijaems.3.12.5>

Tablas

Tabla 1: Visualización del cálculo de BG, EP y ETC en Excel.....	58
Tabla 2: Valores obtenidos de la simulación molecular en el HYPERCHEM.	58
Tabla 3: Valores de banda cruzada.....	59
Tabla 4: Valores de banda cruzada de la pared celular con el silicio.	62
Tabla 5: Valores de banda cruzada de la pared celular con el Poliacrilonitrilo-metilacrilato.	63
Tabla 6: Valores de banda cruzada de la pared celular con el poliacrilonitrilo-metilmacrilato	64
Tabla 7: Valores de banda cruzada de la pared celular con la Celulosa.	64
Tabla 8: Valores de banda cruzada de la pared celular con el Látex.	65
Tabla 9: Valores de banda cruzada de la pared celular con el Quitosano.	66

Ecuaciones

Ec. 1: $C_n = 10N \times (0.1 / D)^{2.08}$	40
Ec. 2: $BG = HOMO - LUMO $	57
Ec. 3: $EP = e^- - e^+ $	57
Ec. 4: $ETC = BG/EP $	57

Figuras

Figura 1:	11
Figura 2:.....	12
Figura 3:.....	13
Figura 4:.....	14
Figura 5:.....	15
Figura 6:.....	16
Figura 7:	19
Figura 8:.....	19
Figura 9:.....	20
Figura 10:.....	21
Figura 11:.....	22
Figura 12:.....	22
Figura 13:.....	23
Figura 14:	24
Figura 15:.....	29
Figura 16:.....	31
Figura 17:.....	34
Figura 18:.....	36
Figura 19:.....	37
Figura 20:.....	38
Figura 21:.....	39
Figura 22 y 23:	41
Figura 24 y 25:	41
Figura 26:.....	42
Figura 27:.....	44
Figura 28:.....	44
Figura 29:.....	44
Figura 30:.....	45
Figura 31:.....	45
Figura 32:.....	45
Figura 33:.....	45
Figura 34:.....	46
Figura 35:.....	48
Figura 36:.....	50
Figura 37:.....	50

Figura 38:.....	50
Figura 39:.....	50
Figura 40:.....	51
Figura 41:.....	51
Figura 42:.....	51
Figura 43:.....	52
Figura 44:.....	52
Figura 45:.....	52
Figura 46:.....	52
Figura 47:.....	53
Figura 48:.....	53
Figura 49:.....	54
Figura 50:.....	54
Figura 51:.....	55
Figura 52:.....	55
Figura 53:.....	55
Figura 54:.....	56
Figura 55:.....	56
Figura 56:.....	56
Figura 57:.....	57
Figura 58:.....	60
Figura 59:.....	61
Figura 60:.....	62
Figura 61:.....	62
Figura 62:.....	63
Figura 63:.....	63
Figura 64:.....	64
Figura 65:.....	64
Figura 66:.....	65
Figura 67:.....	65
Figura 68:.....	66
Figura 69:.....	66
Figura 70:.....	67
Figura 71:.....	67
Figura 72:.....	68

Quantic Analysis of the Adherence of a Gram-Negative Bacteria in A HEPA Filter

Iliana Herrera-Cantú¹, Karina García-Aguilar^{1, 2}, Erick Pedraza-Gress¹, Emmanuel Vázquez - López¹, Juan Jesús García-Mar¹, Lillhian Arely Flores-González¹, Manuel Aparicio -Razo^{1,4}, Oscar Sánchez-Parada³ and Manuel González-Pérez^{1,5}

¹Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla A.C. (UPAEP). Centro Interdisciplinario De Posgrados (CIP). Posgrado en Ciencias de la Ingeniería Biomédica.

²Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos. Academia de Ingeniería Bioquímica

³Escuela de Medicina Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Facultad de Ciencias de la Electrónica

⁵Sistema Nacional De Investigadores. Nivel 1.

Abstract— It is known that Gram-negative bacteria (GNB) are the most frequent bacteria in hospital units. It is also known that GNBs generate a greater number of nosocomial infections in critical areas. In the present work, the adhesion of the bacterial cell wall (BCW) to the compounds of the material layers of a high efficiency filter (HEPA) was analyzed. The analysis was carried out by means of molecular simulation and quantum chemistry. The BCW and HEPA molecules were designed using Hyperchem software for simulation. The calculations of the quantum interactions of the molecules were carried out using the theory of the electron transfer coefficient (ETC). It obtained from 4 to 6 compounds that are more likely to interact even as a chemical reaction. The compounds of the glass fibers are the ones that work best for the adhesion and destruction of the BCW.

Keywords— Quantum study, Bandgap, Electron Transfer Coefficient, Adhesion, Bacterial Cell Wall, HEPA filter.

I. INTRODUCTION

In the hospital units, we can find an environment contaminated by the diversity of patients with their illnesses. Within this contaminated environment, there are the problem of the generation of acquired infections, called intra-hospital or nosocomial infection (NI) infections that aggravate the quality of the patient's health, generating extra costs of stay and treatment. In Mexico it has been estimated that the frequency of NI in hospital units varies from 2.1 to 15.8%, the most common being pneumonia, urinary infection, surgical infection, and bacteremia [1]. More than 1.4 million people in the world get infections in the hospital. Between 5% and 10% of patients who enter modern hospitals in the developed world will contract one or more infections [2].

Most frequent Gram-negative bacteria in a hospital

Bacteria with rod characteristics (bacilli) are classified based on the structure of their cell wall in Gram-positive bacteria and Gram-negative bacteria.

The data provided by the U.S. National Healthcare Safety Network (NHSN) indicate that GNB is responsible for more than 30% of the NI and that these bacteria predominate in cases of in-hospital pneumonia (NIH) in 47%, and urinary tract infections in 45%. Infections caused by GNB trigger problematic characteristics due to their ability to adapt and acquire genes that code for the mechanisms of resistance to antibiotics [3].

Some GNB organisms that predominate over respiratory infections (causing NIH) are *Haemophilus influenzae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa*. On urinary infections are: *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*; on blood infections are: *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* and *Pseudomonas aeruginosa*; and on gastrointestinal infections are: *Helicobacter pylori*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhi* [4].

Bacterial cell wall

The bacterial cell wall (CBW) has a thickness of 10 x 25 nanometers (nm) and is constituted by murein, lipoproteins, and lipopolysaccharides that constitute up to 80% of the weight of the cell wall. In Gram-positive bacteria (Gram +) the cell wall is formed by several layers of murein or peptidoglycan. In Gram-negative bacteria (Gram -) the wall is formed by a single layer of murein and by lipoproteins [5].

The ETC theory.

The BG is defined as the energy difference between the valence band and the conduction band. In the BG there

are no electronic states available; this means that when an electric field is applied the electrons cannot increase their energy.

In quantum theory, it is known as HOMO and LUMO, and in the old theory they are known as E- and E+. The LUMO is defined as the range of electronic energy that allows acceleration in electrons by the presence of electrical currents and is also called conduction band; HOMO is defined as the highest energy interval that is occupied by electrons in absolute zero value and is called valence band. The HOMO is the most electron-filled orbital, while the LUMO is the orbital that lacks electrons. The HOMO equaled to zero (HOMO 0) is the last layer full of orbitals meaning that it is in the last valence orbital. The LUMO equaled to zero (LUMO 0) is the last layer that lacks electrons

EP is defined as the total potential energy of the molecule. It is an electrostatic field vector that is defined as the potential that the electron needs to jump the Bohr radius (0.53 Armstrong) by its calculated natural electromotive force (EMF). The negative E value (E-) is the electrostatic potential with negative poles, while the positive E value (E+) is the proton-electron potential [6]. The EP, in other words, means that having 1 EP is having 1 volt for Armstrong. The EP is obtained by the absolute difference of E- and E+.

The ETC is defined as the dimensionless parameter that describes an electrochemical reaction, which is interpreted as the number of times the potential energy needs to jump to the BG. It is calculated by dividing the BG and the EP entirely. That is, if it has a BG of 10 and an ETC of 40, it means that you need 40 times the EP value in EV so that the BG of 10 jumps from the HOMO to LUMO.

The quantum well is defined as the area in which the value of the ETC may fall. These zones are divided into 3 (Fig. 1):

1. The high probability area. It is the area below the inferior limit of the ETC of a compound (ZONE I) where a very high probability that a chemical reaction or simple molecular interaction occurs.
2. The medium probability area. It is the area between the inferior and superior limit of the ETCs of both compound interacting (ZONE II).
3. The low probability area. It is the zone above the superior limit of the ETC of a compound (ZONE III). It is the zone where a very low probability molecular interaction occurs [7 - 11].

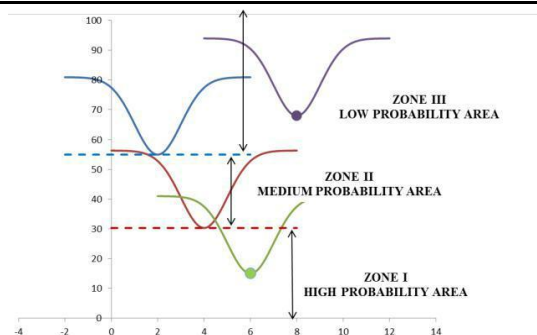


Fig.1: Probability zones for molecular interaction according to their quantum wells ETCs

HEPA air filters

The objective of high-efficiency air filters (HEPA) is to remove the particles that are inside an air conditioning system for the purification of the environment. These filters are composed of a random fiber mesh with diameters between 0.5 and 2.0 micrometers (μm) composed of layers of various compounds such as cellulose, synthetic fibers (polyacrylonitrile) or glass fibers, also use latex and chitosan.

II. MATERIALS AND METHODS

We carried out the values, and simulation of the molecules of the compounds with the HYPERCHEM software. The software must be in SEMIEMPIRICAL form to perform the calculation of the BG, the EP, and the ETC. When the complete molecule is drawn, the values of HOMO (-), LUMO (+), E- and E+ are obtained, in value at zero and with a density of 0.015. The values that are recorded will be captured in an Excel sheet, and the operations will be carried out to obtain BG, EP, ETC. To obtain the cross-band of the compounds, it is done taking the value HOMO and E- of the first compound and the value of the LUMO and E+ of the second compound. The lower ETC of the cross band will be the value that will determine which compound will be more reactive and will serve as data that will be placed in the quantum well graphs. To establish the limits of the graphs, the higher ETC will be placed at the upper limit and the lower ETC as, the lower limit of the compounds to be compared.

The molecules that were taken for the simulation are listed in Table 1.

Table.1: Molecules interacting

Chemical substance	Abbreviation	Molecule
Bacterial cell wall	CBW	

Molecules of HEPA filter compounds

Silicon oxide	SiO ₂	
Polyacrylonitrile methylacrylate	AMA	
Polyacrylonitrile methyl methacrylate	AMM	
3 cellulose monomers	3C	
Latex	Latex	
Chitosan	Cht	

III. RESULTS AN DISCUSSIONS

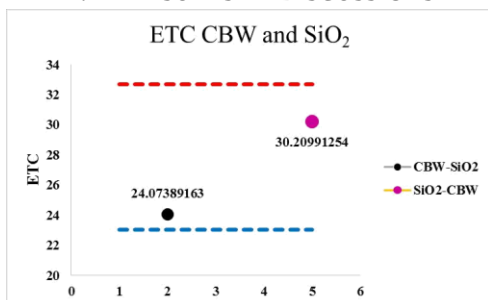


Fig. 2: The CBW tends to be reducing and adhering by approaching the lower limit.

In Fig 2, Fig 5 and Fig 7 it can be argued that CBW tend to react by adhering to the compounds. Since their ETC values obtained from the cross band are close to the lower limit of the quantum well (approaching more than 75% of reaction probability). Concluding that CBW acts as a reducing agent.

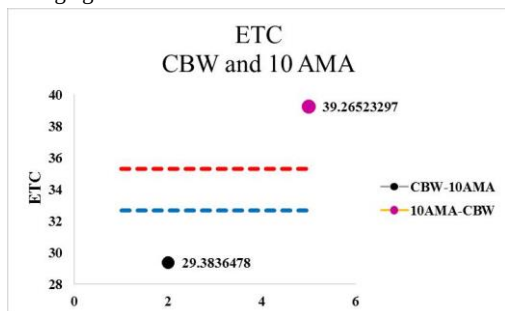


Fig.3: Both interactions of cross-bands are outside the medium probability zone; but, the CBW (as a reducing agent) has a lower ETC than the lower limit that places it in the high probability zone.

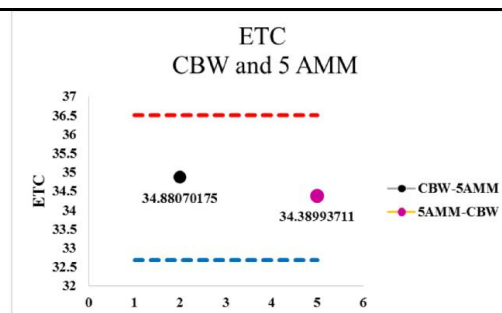


Fig.4: It can be seen that both cross-band options are in the medium probability zone; but, there is more affinity of the WCB as an oxidizing agent.

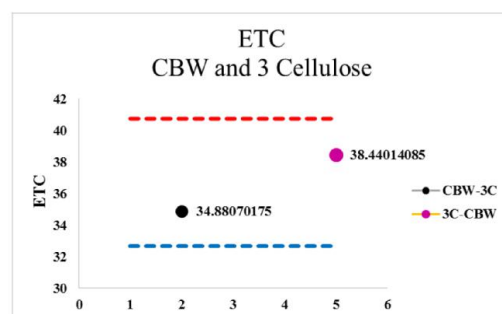


Fig.5: The CBW tends to behave as a reducing agent and adhere to the lower limit. Both cross-band interactions are in the medium probability zone.

In Fig 4 and Fig 6 it can be argued that by keeping both compounds in the middle range of the quantum well limit will depend on external conditions to know which compound is most likely to react as a reducing agent and achieve adherence.

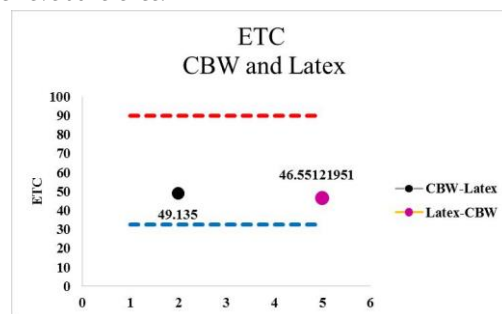


Fig.6: Both cross-band interactions are located in the medium probability zone. It is a similar case shown in Figure 4; but the difference is highlighted in the values of the ETCs.

In Fig 3 it can be argued that the value of the ETC obtained from the crossed band exceed the lower limit of the quantum well, meaning that the PCB acts as a reducing agent with a reaction probability above 75%.

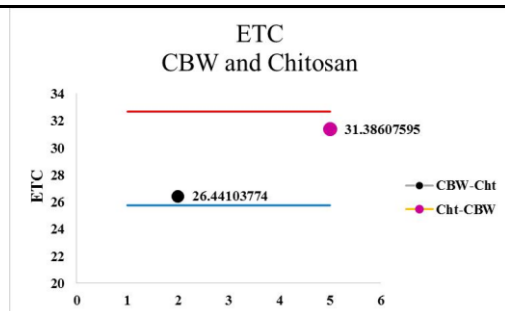


Fig.7: Both cross-band interactions are located in the medium probability zone. It is a similar case shown in Figure 2; but the difference is highlighted in the values of the ETCs.

It can be determined that the closer the value of the cross-band ETC is to the lower limit (which represents the 75% reaction probability). It is determined that this compound will be the best compound to act as an oxidant since it is sought that the PCB is the one that acts as a reducing agent to achieve its adherence to the compounds. According to this, the compound that works best as an oxidant concerning PCB is silicon, for obtaining the smallest value of ETC in its cross-band.

IV. CONCLUSION

The lower cross-band values of the ETC indicate that they are the best reactants. According to this lower value in the crossed bands of ETC, the compounds that work best as oxidants are Silicon (24,073), Chitosan (26,441), Polyacrylonitrile-Methyl acrylate (29,383) and Cellulose (35,150). PCB is more likely to react by adhering to the compound as long as it works as a reducer or antioxidant. Among the compounds used, the silicon yields a lower value of ETC (24,073), establishing that it is the material that will work best for the attraction of the PCB molecules. For the compounds with the same probability of reacting (latex and polyacrylonitrile-methylmethacrylate), it will depend on external conditions to know which is more likely to adhere. In conclusion, the filters made with higher layers of silicon or glass fibers will be the best for the adhesion of the PCB, improving the environment of microbial agents.

REFERENCES

[1] Firmin H. Aikpo, Miriac Dimitri S. Ahouanse, Lucien Agbandji, Patrick A. Etorh, Christophe S. Houssou(2017).Assessment of contamination of soil by pesticides in Djidja's cotton area in Benin. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (ISSN : 2349-6495(P) | 2456-1908(O)),4(7), 001-005.
<http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.4.7.1>

[2] Salud, secretaría de. 2011. dirección general de evaluación del desempeño. [en línea] noviembre de 2011. medición de la prevalencia de infecciones nosocomiales en hospitales generales.

[3] Pittet, d., & donalson, l. (2006). una atención limpia es una atención segura. primera iniciativa mundial de la alianza mundial de la oms para la seguridad del paciente. ific, 2, 135-40.

[4] Horan, teresa c.; andrus, mary; dudeck, margaret a. cdc/nhsn surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. american journal of infection control, 2008, vol. 36, no 5, p. 309-332.

[5] Arias-flores, r., rosado-quib, u., vargas-valerio, a., & grajales-muñiz, c. (2016). microorganisms responsible of nosocomial infections in the mexican social security institute. revista médica del instituto mexicano del seguro social, 54(1), 20.

[6] Pérez, m.; mota, m. morfología y estructura bacteriana. revista en internet], 2000, vol. 3, no 2, p. 23-42.

[7] Mondragón-jiménez, jesús francisco, et al. interaction of metilendioximetanfetamina vs. neurotransmitters and the relationship by the quantum method. 2017.

[8] González-Pérez, M. (2017) chemical-quantum analysis of the aggressiveness of glucose and its appeasement with atp inside the cell. and water as an excellent antioxidant. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. Volume 6, Issue 4, 95-99. DOI: 10.20959/wjpps20174-8940.

[9] González-Pérez, M. (2017). Quantum Theory of the Electron Transfer Coefficient. International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS).Vol-3, Issue-10, Oct- 2017. doi.org/10.24001/ijaems.

[10] González-Pérez, M. (2017). Quantum modeling to determine the carcinogenic potential of aflatoxin B1 produced by Aspegillus sp and its metabolic derivate aflatoxin M1. Mexican Journal of Biotechnology 2017, 2(2):255-270.

[11] Pacheco-García, PF; Perez-Gonzalez; Ramos-Flores A; Flores-Gonzalez, LA; Lopez-Oglesby, JM; Gonzalez-Perez, M. Experimental study and calculation of the electron transfer coefficients on the dissolution behavior of chitosan in organic acids. International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS). Vol-3, Issue-6, Jun- 2017. doi.org/10.24001/ijaems.

Certificate of Publication

The editor-in-chief of *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science* is awarding this certificate of publication to *Iliana Herrera-Cantú* in recognition of his/her paper entitled below which was published in *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*: Vol-3 , Issue-12 ,1122-1125, December 2017 . This Journal is a refereed, double-blind and peer-reviewed research journal published bi-monthly by *Infogain Publications*.

Paper Title: "*Quantic Analysis of the Adherence of a Gram-Negative Bacteria in A HEPA Filter*"

Author(s): *Iliana Herrera-Cantú, Karina García-Aguilar, Erick Pedraza-Gress, Emmanuel Vázquez - López, Juan Jesús García-Mar, Lillhian Arely Flores-González, Manuel Aparicio -Razo, Oscar Sánchez-Parada, Manuel González-Pérez*



Editor-In-Chief

International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)

www.ijaems.com

editor@ijaems.com, ijaemseditor@gmail.com

International Journal of Advanced Engineering, Management and Science(IJAEMS)
83/197, Sector-8, Pratap Nagar, Jaipur, India
www.ijaems.com ; editor@ijaems.com